



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Efecto de la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal y su influencia en el rendimiento de brócoli bajo invernadero.

Trabajo de Titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniera Agrónomo

AUTOR:

Gladys Fernanda Córdova Oviedo

DIRECTOR:

Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 28 de febrero de 2023

Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto de la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal y su influencia en el rendimiento de brócoli bajo invernadero”**, de autoría de la estudiante **Gladys Fernanda Córdova Oviedo**, con **cédula de identidad Nro.1105475931**, previa a la obtención del Título de Ingeniera Agrónomo. Una vez que el Trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, autorizo su presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Gladys Fernanda Córdova Oviedo**, declaro ser autora del presente trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1105475931

Fecha: 28 de agosto de 2023

Correo electrónico: Gladys.cordova@unl.edu.ec

Teléfono: 0980534136

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo **Gladys Fernanda Córdova Oviedo**, declaro ser la autora del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto de la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal y su influencia en el rendimiento de brócoli bajo invernadero**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Agrónomo** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintiocho días del mes de agosto de dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Gladys Fernanda Córdova Oviedo

Cédula: 1105475931

Dirección: Uruguay y Perú, barrio San Pedro

Correo electrónico: Gladys.cordova@unl.edu.ec

Celular: 0980534136

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

Dedicatoria

El presente Trabajo de Titulación se lo dedico de manera especial a mi hija Ariana, por ser mi fuente de motivación e inspiración, la que me ha dado las fuerzas para luchar cada día y nunca rendirme en mis estudios.

A mis padres por ser los autores principales de mi vida, su bendición a lo largo de mi vida me protege.

Con amor

Gladys Fernanda Córdova Oviedo

Agradecimiento

El principal agradecimiento a Dios, por guiarme, darme la fortaleza y sabiduría para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres quienes han sido siempre el motor que impulsan mis sueños y esperanzas, por sus sabios consejos y motivación siempre. A mis hermanos quienes, sentaron en mis las bases de responsabilidad y deseos de superación. A mi compañero de vida por todo su cariño, confianza y apoyo incondicional.

A mis compañeros y amigos, quienes compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas a lo largo de este proceso y me brindaron su amistad, confianza y apoyo.

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Carrera de Agronomía por haberme permitido formarme en ella. Le agradezco de manera muy especial a mi director de Trabajo de Titulación Ing. Iván Granda por su dedicación, paciencia y guía en este proyecto.

Gladys Fernanda Córdova Oviedo

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	ix
Índice de anexos	x
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	5
4.1. Brócoli.....	5
4.1.1. Morfología de la planta	5
4.1.2. Fenología del cultivo	6
a) <i>Etapa semillero (Vo)</i>	7
b) <i>Etapa juvenil (V1)</i>	7
c) <i>Etapa de emergencia floral (R2)</i>	7
d) <i>Etapa de formación de la cabeza (R3)</i>	7
4.1.3. Requerimientos Edafoclimáticos.....	8
a) <i>Clima</i>	8
b) <i>Suelo</i>	8
c) <i>Riego</i>	8
d) <i>Fertilización</i>	8
4.2. Biofertilización.....	8
4.2.1. Microorganismos Promotores de Crecimiento Vegetal	9
a) <i>Género Azospirillum</i>	9
b) <i>Género Pseudomonas</i>	9
c) <i>Género Azotobacter</i>	10
5. Metodología	11
5.1. Ubicación geográfica del estudio	11
5.2. Diseño experimental.....	11

5.3.	Metodología General.....	12
5.3.1.	Material microbiano y material vegetal	12
5.3.2.	Inoculación de microorganismos y fertilizante químico	13
5.4.	Metodología por objetivos	13
5.4.1.	Metodología para el primer objetivo	13
5.4.2.	Metodología para el segundo objetivo	14
5.5.	Análisis estadístico.....	14
6.	Resultados.....	16
6.1.	VARIABLES MORFOLÓGICAS ASOCIADAS CON EL RENDIMIENTO	16
6.1.1.	Altura de la planta.....	16
6.1.2.	Número de hojas.....	18
6.1.3.	Diámetro de tallo	20
6.1.4.	Diámetro de pella.....	21
6.1.5.	Peso de pella	23
6.1.6.	Peso de la planta	23
6.1.7.	Área foliar.....	24
6.2.	Determinación del contenido de clorofila	25
6.2.1.	Contenido de clorofila.....	25
7.	Discusión.....	28
8.	Conclusiones.....	35
9.	Recomendaciones.....	36
10.	Bibliografía.....	37
11.	Anexos.....	47

Índice de figuras

Figura 1. Ciclo fenológico del cultivo del brócoli.	6
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.	11
Figura 3. Altura de las plantas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>itálica</i>).	17
Figura 4. Número de hojas en plantas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>itálica</i>)..	19
Figura 5. Diámetro de tallo en plantas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>itálica</i>).....	21
Figura 6. Diámetro de pella en plantas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>itálica</i>).....	22
Figura 7. Peso de la pella en plantas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>itálica</i>).....	23
Figura 8. Peso en fresco y seco de las plantas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>itálica</i>)..	24
Figura 9 Índice de área foliar en plantas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>itálica</i>).....	25
Figura 10. Contenido de clorofila en hojas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>itálica</i>).....	26

Índice de anexos

Anexo 1.	Elaboración del sustrato para la siembra, desinfección del sustrato con calor.....	47
Anexo 2.	Propagación de las cepas en la cámara horizontal.	47
Anexo 3.	Aplicación del fertilizante químico 15-15-15,.	48
Anexo 4.	Medición de la altura en las plantas de brócoli,número de hojas.....	48
Anexo 5.	Diámetro del tallo en plantas de brócoli. Área foliar en plantas de brócoli.	49
Anexo 6.	Medición del contenido de clorofila con el dispositivo portátil SPAD-502	49
Anexo 7.	Peso de la pella. Peso de la planta de brocoli	50
Anexo 8.	Resultados altura de la planta.....	51
Anexo 9.	Resultados de número de hojas	51
Anexo 10.	Resultados del diámetro de tallo	51
Anexo 11.	Resultados del diámetro de pella.....	52
Anexo 12.	Resultados del peso de la pella.....	52
Anexo 13.	Resultados del peso de la planta.....	52
Anexo 14.	Resultados del área foliar	53
Anexo 15.	Resultados del contenido de clorofila	53
Anexo 16.	Certificación de traducción del abstract.....	54

1. Título

Efecto de la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal y su influencia en el rendimiento de brócoli bajo invernadero.

2. Resumen

El empleo de microorganismos con potencialidades para la promoción del crecimiento vegetal es una alternativa para aumentar la producción agrícola, Son un grupo de diferentes especies que pueden incrementar el crecimiento de la planta como la solubilización y reciclaje de nutrientes, la producción de hormonas estimuladoras del crecimiento, la fijación de nitrógeno, la inducción de defensa de las plantas, la producción de antibióticos, así como también la desintoxicación del suelo entre otras. Por ello se evaluó la inoculación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal en el crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola del cultivo de brócoli bajo invernadero. Se utilizó un diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y diez repeticiones cada uno, los cuales fueron: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, tratamiento químico y control, se realizó un análisis de varianza ANOVA y pruebas de Tukey al 95 % de confianza, en todas las variables: altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo, diámetro de la pella, peso de pella, peso de la planta, área foliar, contenido de clorofila y rendimiento. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables, en las cuales el tratamiento químico presentó los mejores resultados, en cuanto a *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter* al inicio de la fase de experimentación presentaron diferencia estadística significativa entre tratamientos al igual que el fertilizante de origen convencional. Los resultados del experimento demuestran que la inoculación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal es una alternativa viable para el crecimiento de plantas, aunque no produce los mismos resultados que la fertilización química.

Palabras clave: Microorganismos, crecimiento, brócoli, *Azotobacter*, *Azospirillum*, y *Pseudomonas* sp.

2.1. Abstract

The use of microorganisms with potentialities for plant promotion growth is an alternative to increase agricultural production, They are a group of different species that can increase the plant growth as well solubilization and recycling of nutrients, production of growth stimulating hormones, nitrogen fixation, induction of plant defense, production of antibiotics, as well as soil detoxification among others. The inoculation of plant growth-promoting microorganisms was evaluated on the growth, development and agricultural yield of broccoli under greenhouse conditions. A completely randomized design was used, with five treatments and ten replicates each, which were: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, chemical treatment and control, An ANOVA analysis of variance and Tukey's test at 95% confidence was performed on the variables: plant height, number of leaves, stem diameter, diameter of the petiole, petiole weight, plant weight, leaf area, chlorophyll content and yield. Statistically significant differences were found in all variables, with the chemical treatment showing the best results, As for *Pseudomonas*, *Azospirillum* and *Azotobacter* at the beginning of the experimental phase, they showed significant statistical differences between treatments, as did the conventional fertilizer. The results of the experiment demonstrate that the inoculation of plant growth promoting microorganisms is a viable alternative for plant growth, although it does not produce the same results as chemical fertilization.

Key words: Microorganisms, growth, broccoli, *Azotobacter*, *Azospirillum*, and *Pseudomonas* sp.

3. Introducción

Actualmente en el Ecuador el brócoli (*Brassica oleracea*) es un producto agrícola de exportación muy importante desde el punto de vista económico, social y sanitario para el país, entre el año 2017 y 2019 se sembró en promedio más de 9000 hectáreas de esta hortaliza con un 99,8 % de cosecha (Sánchez *et al.*, 2020). En el año 2019 la producción total a nivel nacional sufrió un decrecimiento del 10 %, con respecto a los años anteriores, donde hubo aumentos significativos en más del 55 % (Sánchez *et al.*, 2020). A partir del año 2015, el rendimiento de las cosechas de brócoli no ha sido favorables, en promedio se dieron disminuciones está en el orden del -0,02 % anual (Sánchez *et al.*, 2020).

Esta hortaliza tiene un alto valor nutricional, es un alimento bajo de sodio libre de grasas y calorías, alto contenido en vitamina C y buena fuente de vitamina A, vitamina B2 y Calcio (Mauriya *et al.*, 2018). La ingesta de brócoli da lugar a una mejora del estado de salud general, contiene sulfurafano, el cual tiene propiedades altamente antioxidantes y anticancerígenas (Le *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020).

La agricultura convencional moderna se caracteriza por el uso intensivo de fertilizantes de síntesis química y pesticidas, para aumentar la producción agrícola (Rojas *et al.*, 2020). Esto degrada los suelos y altera sus propiedades físicas, químicas y biológicas, porque la mayoría son altamente tóxicos, alteran las comunidades microbianas y contaminan el suelo y el agua superficial y subterránea (Leal *et al.*, 2018).

El empleo de microorganismos con potencialidades para la promoción del crecimiento vegetal, es una alternativa para aumentar la producción agrícola (González y Fuentes, 2017). Son un grupo de diferentes especies que pueden incrementar el crecimiento de la planta como la solubilización y reciclaje de nutrientes, la producción de hormonas estimuladoras del crecimiento, la fijación de nitrógeno, la inducción de defensa de las plantas, la producción de antibióticos y otras sustancias antimicrobianas, así como también la desintoxicación del suelo entre otras (Rojas *et al.*, 2020).

La presente investigación contribuye a que el agricultor conozca sobre el uso de la biofertilización con cepas de microorganismos benéficos nativos de la provincia de Loja, en el cultivo de brócoli, presentándose como una alternativa sostenible que permitirá incrementar la producción y disminuir el uso de fertilizantes químicos, garantizando un alimento libre de residuos tóxicos y así mejorar las condiciones edáficas.

Para lograr este propósito se planteó los siguientes objetivos.

3.1.Objetivo General

- Evaluar la inoculación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal en el crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola del cultivo de brócoli bajo invernadero.

3.2.Objetivos Específicos

- Evaluar variables morfológicas asociadas con el rendimiento agrícola del cultivo de brócoli en respuesta a la inoculación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal.
- Determinar el contenido de clorofila en hojas de brócoli en respuesta a la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal y fertilización química.

4. Marco teórico

4.1. Brócoli

El brócoli, pertenece a la familia Brassicaceae, siendo su nombre científico *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck (Soria y Maroto, 2014). Según Gray (1982) menciona que el brócoli tiene su origen en el mediterráneo y posteriormente se introdujo en Italia, se cree que el brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) es el ancestro de las actuales coliflores. Es un importante cultivo vegetal a nivel mundial al ser una fuente de valiosos nutrientes: vitamina A, C y riboflavina (Mukherjee y Mishra, 2012), ofrece muchas propiedades promotoras de la salud debido a su contenido de compuestos antioxidantes y anticancerígenos (Mahn y Reyes, 2012).

4.1.1. Morfología de la planta

Según Toledo (2003) el brócoli presenta la siguiente morfología:

Es una planta herbácea, cuyo sistema radicular es pivotante y leñoso, el cual está conformado por raíces adventicias secundarias, terciarias y raicillas, las que se concentran en su mayor parte en los primeros 0,4 a 0,6 m de profundidad. Con un tallo principal, cuyo diámetro varía entre 2 a 6 cm y 20 a 50 cm de longitud, sobre el cual presenta entrenudos cortos, la parte superior del tallo es limitada por el desarrollo de la inflorescencia principal. Esta hortaliza tiene de entre 15 a 30 hojas grandes, cuya formación es helicoidal con 50 cm de longitud y 30 cm de ancho y varían según el cultivar. En cuanto a la inflorescencia del tipo pella es una masa densa de yemas florales de color verde grisáceo que tiene un diámetro de 20 a 30 cm aproximadamente, el tamaño depende del cultivar y se denomina florete al conjunto de flores individuales que se

insertan mediante un pedúnculo común al tallo principal de la inflorescencia, las flores son de color amarillo con pétalos dispuestos en forma de cruz, característica típica de las crucíferas. Debido a problemas de autocompatibilidad, la polinización es cruzada. El fruto es una silicua que contiene más de 10 semillas dehiscente cuando madura. Las semillas son redondas de 2 mm de diámetros y de color marrón oscuro a rojizo presentan una forma de munición y miden de 2 a 3 mm de diámetro aproximadamente.

4.1.2. Fenología del cultivo

Maroto (2008), menciona que el cultivo de brócoli presenta un ciclo biológico de 150 días a 180 días desde la germinación de la semilla para dar origen a una nueva planta hasta la etapa de maduración de la nueva semilla. Jaramillo y Diaz (2006) mencionan que el ciclo comercial está dividido en dos fases caracterizadas por el momento de la aparición floral; la fase vegetativa y la fase reproductiva, donde se toma en cuenta la duración de la cosecha. La fase vegetativa se caracteriza por el incremento en el número de hojas y el engrosamiento del tallo, mientras que la fase reproductiva, por el crecimiento y desarrollo de la cabeza, desde la formación de la inflorescencia hasta la cosecha misma. Estas fases a su vez se subdividen en varias etapas: fase vegetativa que incluye la etapa de semillero y la etapa juvenil, y la fase reproductiva que incluye la etapa de emergencia floral y formación de la inflorescencia (figura 1).

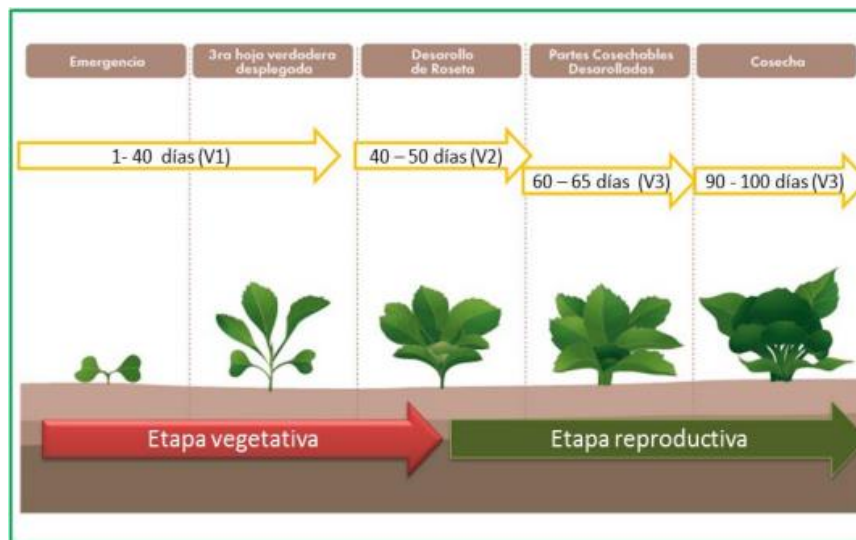


Figura 1. Ciclo fenológico del cultivo del brócoli. Fuente: (SQM in the world, 2016).

Jaramillo y Díaz (2006) Indican la fenología de la planta de brócoli de la siguiente manera:

a) *Etapa semillero (Vo).*

Esta etapa tiene una duración de 30 días; inicia con la germinación de la semilla hasta cuando la plántula, tiene entre tres y cuatro hojas bien formadas y una altura entre 10-12 cm. y está lista para el trasplante a campo

b) *Etapa juvenil (VI)*

Esta comienza con el trasplante a campo, cuando las plántulas tienen cuatro hojas y finaliza con la visualización de la estructura o primordio floral. Tiene una duración aproximada de 40 días.

Esta etapa la altura, diámetro del tallo, biomasa, número de hojas y área foliar muestran incremento logarítmico. En este estado la planta tiene una edad total de 70 días

c) *Etapa de emergencia floral (R2)*

La aparición floral sucede entre los 40-45 días después del trasplante, cuando las plantas tienen entre 18 a 20 hojas. A partir de este momento, se inicia un crecimiento lineal para la planta, donde su prioridad es el desarrollo de la cabeza, como lo confirman la disminución de la tasa de emisión foliar, la tasa de evolución de la superficie foliar y la tasa de crecimiento del tallo(Schumann y D'Arcy, 2010).

d) *Etapa de formación de la cabeza (R3)*

Durante esta etapa ocurre el crecimiento de la inflorescencia hasta la cosecha, cuando aún no han abierto las flores. Tiene una duración de 20 a 25 días. La inflorescencia presenta un crecimiento exponencial en diámetro y biomasa, caracterizado por un periodo de crecimiento (lento), desde su aparición hasta los 50 días después del trasplante aproximadamente, seguido de un periodo más rápido, que se extiende hasta la cosecha, la cual se inicia a partir de los 60 y 65 días después del trasplante. En esta etapa se da la translocación de foto asimilados hacia la inflorescencia; el diámetro del tallo se incrementa lentamente, la altura de la planta presenta un segundo pico en su crecimiento, por el aumento en el tamaño de la cabeza.

4.1.3. Requerimientos Edafoclimáticos

a) Clima

El brócoli se adapta en temperaturas que rondan los 16 °C, puesto que el rango óptimo para esta hortaliza está entre 15 y 25 °C. También soporta bajas temperaturas antes de la formación de inflorescencia primaria y secundaria. Sin embargo, Zamora (2016) indica que “a muy altas temperaturas, las plantas desarrollan tamaño pequeño, cabezas deformes o cabezas normales, pero de color púrpura ocasionando una baja en calidad” (Aasfar et al., 2021).

b) Suelo

Este cultivo “se adapta mejor a suelos con buen drenaje, aunque puede desarrollarse en un amplio rango de texturas de suelos” (p. 2). Tal es el caso de suelos arenosos y arcillosos en donde se presentan resultados aceptables en cuanto a rendimiento, ya que, el brócoli es ligeramente tolerante a suelos ácidos en un rango de 6 a 6.8 de pH (Zamora,2016).

c) Riego

El brócoli es una planta que se desarrolla en condiciones medias de humedad, por lo que se debe establecer un sistema de riego, ya sea por goteo, rodado o trasporo, dos veces por semana. Santoyo y Martínez (2011) indican lo siguiente:

Esta actividad se recomienda sea realizada dos veces por semana. Durante la primera semana de trasplante, serán tres horas de riego; durante la segunda y tercera semanas después del trasplante, se recomienda realizar los riegos por dos horas. A partir de la cuarta semana, el riego solo será para refrescar al cultivo, por lo que el tiempo deberá de ser entre 40 y 60 minutos.

d) Fertilización

Santoyo y Martinez (2011) recomiendan usar “urea, nitrato de potasio, nitrato de magnesio y fosfato monoamónico” (p. 16). De esta manera, el cultivo de brócoli demanda entre 3 a 5 kg /ha de materia orgánica y de nitrógeno en la etapa de crecimiento.

4.2. Biofertilización

“Los biofertilizantes son aquellas sustancias o preparados microbianos que contienen células vivas de diferentes microorganismos, que tienen la capacidad de colonizar la rizosfera de la planta, aumentan la disponibilidad de nutrientes primarios para las plantas mediante un proceso biológico, se pueden aplicar a las semillas, raíces o al suelo con el objetivo de mejorar el rendimiento agrícola de los cultivos (Bhattacharjee y Dey, 2014).

4.2.1. Microorganismos Promotores de Crecimiento Vegetal

Los microorganismos promotores de crecimiento vegetal conocidos como PGPM (Plant Growth-Promoting Microorganism) son un grupo de diferentes especies que ejercen efectos beneficiosos sobre las plantas, entre ellos se puede mencionar la fijación de N₂ (ej. *Azospirillum*), la solubilización de fósforo (P) (ej. *Pseudomonas* sp.), la capacidad de producir ácidos orgánicos (ácidos oxálico, fumárico y cítrico) y fosfatasa facilitando la solubilidad del P y otros nutrientes. Además, estimulan significativamente el crecimiento de las plantas, pueden habitar la rizosfera, el rizoplano, la filosfera etc (Kloepper et al., 1989; Naamala y Smith, 2020).

Dentro de estos PGPM existen una gran cantidad de géneros y especies:

a) Género *Azospirillum*

Azospirillum es un género bacteriano Gram negativo, microaerófilo, no fermentador y fijador de nitrógeno, es una de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) más estudiadas desde su descubrimiento (Burdman et al., 2000; Cassán et al., 2020). Dos características importantes que definen este género bacteriano son: su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (N₂) y producir, sintetizar varias fitohormonas y otros compuestos, como las auxinas, citoquininas, giberelinas, el ácido abscísico; estas fitohormonas afectan en gran medida al crecimiento de las raíces, es decir, las bacterias se asocian a los compuestos orgánicos en temperaturas que rondan los 28-41 °C para la colonización de la rizosfera y en raíces de las plantas lo que ayuda a una mejor absorción de nutrientes y humedad. (Fukami et al., 2018). Algunas cepas de *Azospirillum* pueden solubilizar el fosforo inorgánico, mediante la liberación de fosfatasa o formación de ácidos orgánicos, lo que, a su vez, libera fosforo inorgánico del suelo de tal manera que sea disponible para las plantas (Gogoi et al., 2021).

b) Género *Pseudomonas*

Pseudomonas es el género de bacilos aerobios gram negativos, rectos o ligeramente curvados y saprofitas del grupo *Pseudomonadaceas*, no forman esporas y el rango de temperatura más favorable para su desarrollo es de 25 a 30°C (Palleroni, 2010; Wicaksono et al., 2018). Comprende numerosas especies son capaces de sintetizar compuestos quelantes fluorescentes con gran valor taxonómico (Hesse et al., 2018).

Las *Pseudomonas* spp, se caracterizan por ser excelentes colonizadoras de raíz, capaces de fomentar el crecimiento de los vegetales mediante mecanismos, tales como: solubilización de

fósforos, producción de hormonas y sideróforos, así mismo, la degradación de precursores de etileno (Dwivedi y Johri, 2003; Ganeshan y Manoj, 2005).

Se han reportado frecuentemente como excelentes agentes de control biológico ya que cumple ciertas características para ser un buen biocontrolador: capacidad de adherirse a las partículas del suelo y proliferar en la rizosfera, capacidad de utilizar los exudados de las raíces y las semillas y la prototrofia, rápida colonización de la rizosfera, capacidad de crecer rápidamente y sensibilidad a la respuesta quimiotáctica a través de la motilidad, además la producción de metabolitos antimicrobianos (Escobar et al., 2022; Wicaksono et al., 2018).

c) Género *Azotobacter*

Los microorganismos de este género comprenden bacterias con forma bacilar, las células son ovoides y miden aproximadamente de 2µm a 4 µm de diámetro, son aerobios pero algunos pueden vivir en tensiones bajas de oxígeno y su movilidad se debe a flagelos peritricos (Jiménez, 2007). Las bacterias de este género juegan un rol importante en este proceso natural de fijación de nitrógeno, solubilizadoras de fosfato, producción de antibióticos y de reguladores del crecimiento vegetal (Aasfar et al., 2021; Velmourougane et al., 2019).

Para Escobar et al. (2011) este microorganismo “permite las mejores respuestas en los cultivos, debido a que las bacterias fijadoras de nitrógeno para su establecimiento en el suelo requieren condiciones como temperatura, pH, humedad y fuentes nutricionales de carbono, nitrógeno y fósforo”. Además, algunas cepas producen pigmentos hidrosolubles e insolubles que funcionan como agentes promotores del crecimiento vegetal producto de la fijación de nitrógeno atmosférico y producción de hormonas indol (Guerrero, 2018).

5. Metodología

5.1. Ubicación geográfica del estudio

La investigación se realizó en la Quinta Experimental Docente La Argelia (QEDA) de la Universidad Nacional de Loja, barrio La Argelia, parroquia Punzara, cantón Loja de la provincia Loja (figura 2). El lugar de estudio se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas: a una latitud de 4° 1' 58" Sur, una longitud de 79° 11' 57" Oeste y a una altitud de 2 140 m.s.n.m, presenta una temperatura promedio de 18°C y una precipitación de 812,6 mm/año (Cinfa, 2013).

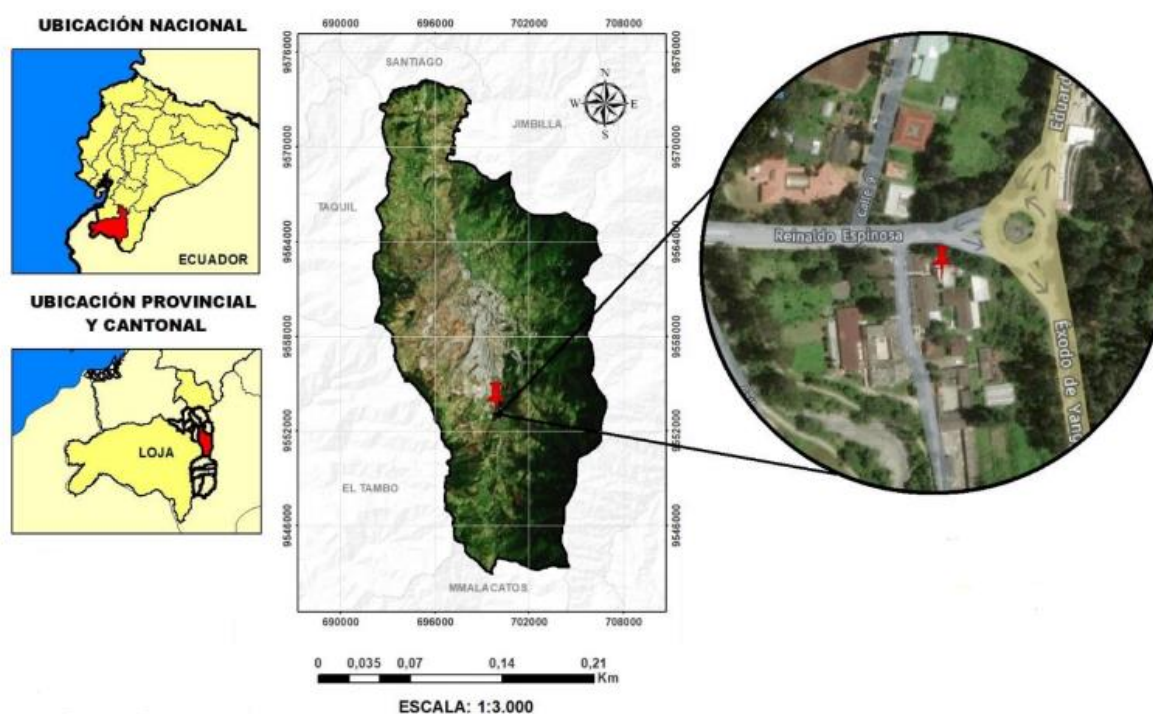


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio. 1) Contexto de la república del Ecuador. 2) Contexto de la provincia de Loja. 3) Contexto de la ciudad de Loja. (Universidad Nacional de Loja). Tomado de Abad (2022).

5.2. Diseño experimental

Se estableció un diseño completamente al azar (Figura 3), en el que se probaron cinco tratamientos y diez repeticiones; tres tratamientos de microorganismos promotores de crecimiento vegetal, un fertilizante químico 15-15-15 y el testigo, conformando un total de 50 unidades experimentales (Tabla 1). El ensayo se realizó bajo condiciones de invernadero sobre camas metálicas, la separación entre unidades experimentales fue de 0,35 m x 0,40 m.

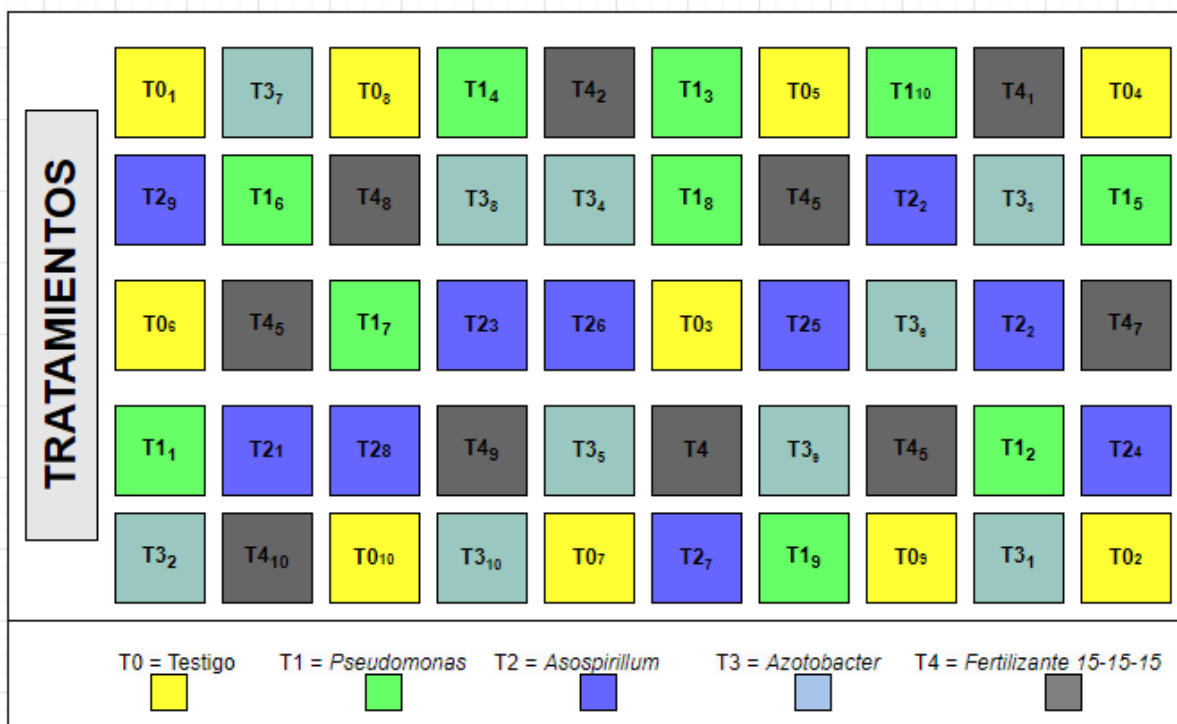


Figura 3. Distribución de los tratamientos según el diseño experimental.

Tabla 1. Tratamientos del experimento

Tratamientos	Nombre	Repeticiones
T0	Testigo	10
T1	<i>Pseudomonas</i>	10
T2	<i>Azospirillum</i>	10
T3	<i>Azotobacter</i>	10
T4	Fertilizante 15-15-15	10

5.3. Metodología General

5.3.1. Material microbiano y material vegetal

Se utilizaron tres cepas de microorganismos nativos aislados de la provincia de Loja, de los géneros *Pseudomonas* spp, *Azospirillum* spp, y *Azotobacter* spp, las cuales fueron proporcionadas por el laboratorio del Centro de Biotecnología de la Universidad Nacional de Loja. Para activarlas, se siguió la metodología descrita por Vargas (2001), se sembraron con un asa de platino en cajas Petri con agar nutritivo esterilizado en autoclave a 124.2×10^3 Pa durante 18 min. Las cajas Petri, una vez inoculadas con la bacteria de interés, se incubaron a 28 °C durante tres a siete días, la variación del tiempo fue por la diferente velocidad de

crecimiento de las cepas. Posteriormente cada una de las cepas se propagaron en AGAR nutritivo a 28 °C durante 72 horas en una agitadora horizontal, hasta obtener una carga bacteriana de 1×10^9 unidades formadoras de colonias (UFC) por mL (Cruz, 2019).

Se adquirieron plántulas de brócoli de la variedad Avenger de 30 días después de la siembra (DDS) y fueron trasplantadas en fundas de polietileno de 30 x 35 cm. El sustrato que se utilizó fue elaborado a base de tierra de montaña, turba y arena en una proporción 2-1-1, previamente esterilizado.

5.3.2. Inoculación de microorganismos y fertilizante químico

Cada plántula se inoculó con 1 mL de la suspensión bacteriana (1×10^9 células mL⁻¹) al momento del trasplante siguiendo la metodología de Vargas (2001), mientras que para el fertilizante químico se aplicó de manera directa al sustrato al sustrato a los 15,40 y 60 días después del trasplante; con una dosis de 6 g/planta según la ficha técnica de la casa comercial.

5.4. Metodología por objetivos

5.4.1. Metodología para el primer objetivo

Evaluar variables morfológicas asociadas con el rendimiento agrícola del cultivo de brócoli en respuesta a la inoculación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal.

Para el cumplimiento de este objetivo se siguió la metodología de Mamarandi y Ojeda (2019), con pequeñas modificaciones.

Para la altura de la planta se midió cada siete días después del trasplante (DDT), para ello se utilizó un flexómetro, midiendo desde el suelo hasta el punto de crecimiento de la planta. Para el grosor del tallo se midió en centímetros (cm) con la ayuda de un pie de rey, a partir de la segunda semana posterior a la siembra.

Se contabilizó el número de hojas por planta y por tratamiento a los 7 días después del trasplante (DDT).

El diámetro de la pella se tomó con un calibrador pie de rey en centímetros (cm). El peso de cada pella se lo obtuvo después de la cosecha en gramos (g), además se pesaron las plantas en fresco y en seco.

Para el rendimiento se obtuvo los pesos de las pellas de todas las plantas de cada tratamiento en kg, con estos datos se obtuvo el promedio del peso, se multiplicó por el número de plantas por hectárea y por repetición teniendo una producción promedio ha.

Para determinar el área foliar de las hojas de brócoli se obtuvo mediante la ecuación sugerida por Stoppani et al. (2000).

$$A = 0,63 (L \times A)$$

Donde:

A = área foliar de la hoja,

L = longitud de la hoja

A= ancho de la hoja.

Donde se seleccionaron 5 plantas al azar por cada tratamiento y tres hojas por cada unidad experimental, se midió el largo x ancho de cada hoja, para luego obtener un promedio y ser multiplicado por el coeficiente 0,63.

5.4.2. Metodología para el segundo objetivo

Determinar el contenido de clorofila en hojas de brócoli en respuesta a la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal y fertilización química.

Con el fin de establecer el comportamiento de la concentración de clorofila, se tomó en consideración la metodología utilizada por Castañeda et al. (2018). Se seleccionaron tres hojas por cada planta y se tomaron tres mediciones por hoja para posteriormente obtener un dato promedio, para evitar variación de los valores, las mediciones fueron obtenidas de la parte basal media y apical de las hojas. La concentración de clorofila se determinó a través del equipo portátil para medición no destructiva SPAD 502 (Konica Minolta, Osaka, Japón). Las mediciones fueron realizadas cada 15 días con el fin de cubrir la fase fenológica y reproductiva del brócoli hasta llegar a la maduración de la pella.

5.5. Análisis estadístico

El procesamiento estadístico se realizó en el software InfoStat versión 2020. En todas las variables se comprobaron los supuestos de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilks y homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza ANOVA y además se aplicó una prueba de comparación múltiple mediante

la prueba de Tukey al 95 % de confianza, para determinar el mejor tratamiento entre las variables evaluadas.

6. Resultados

6.1. Variables morfológicas asociadas con el rendimiento

6.1.1. Altura de la planta

La variable altura presentó diferencias significativas entre tratamientos (p -valor $<0,05$) a partir del día 21 hasta el día 91 después de la aplicación de los tratamientos (Anexo 2, tabla 1). Al día 7 ninguno de los tratamientos presentó diferencia estadística significativa, sin embargo, en el día 21 *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter* incidieron positivamente en la altura de las plantas respecto al fertilizante 15-15-15 y al testigo, al día 35 de igual manera los 3 tratamientos a base de suspensiones bacterianas y el fertilizante químico presentaron la mayor altura y fueron estadísticamente superiores al testigo, mientras tanto, desde el día 49 al 91 la aplicación del fertilizante 15-15-15 influyó directamente en la altura de las plantas y fue estadísticamente superior a los demás tratamientos. No obstante, en este mismo tiempo de evaluación *Pseudomonas* spp, tuvo resultados similares al T1 que en ambos casos fueron estadísticamente superiores a *Azospirillum* y al testigo, mientras que *Azotobacter* no presentó ni mayor, ni menor altura respecto a *Pseudomonas*, *Azospirillum* y fertilizante 15-15-15, pero si fue estadísticamente superior al testigo (figura 4).

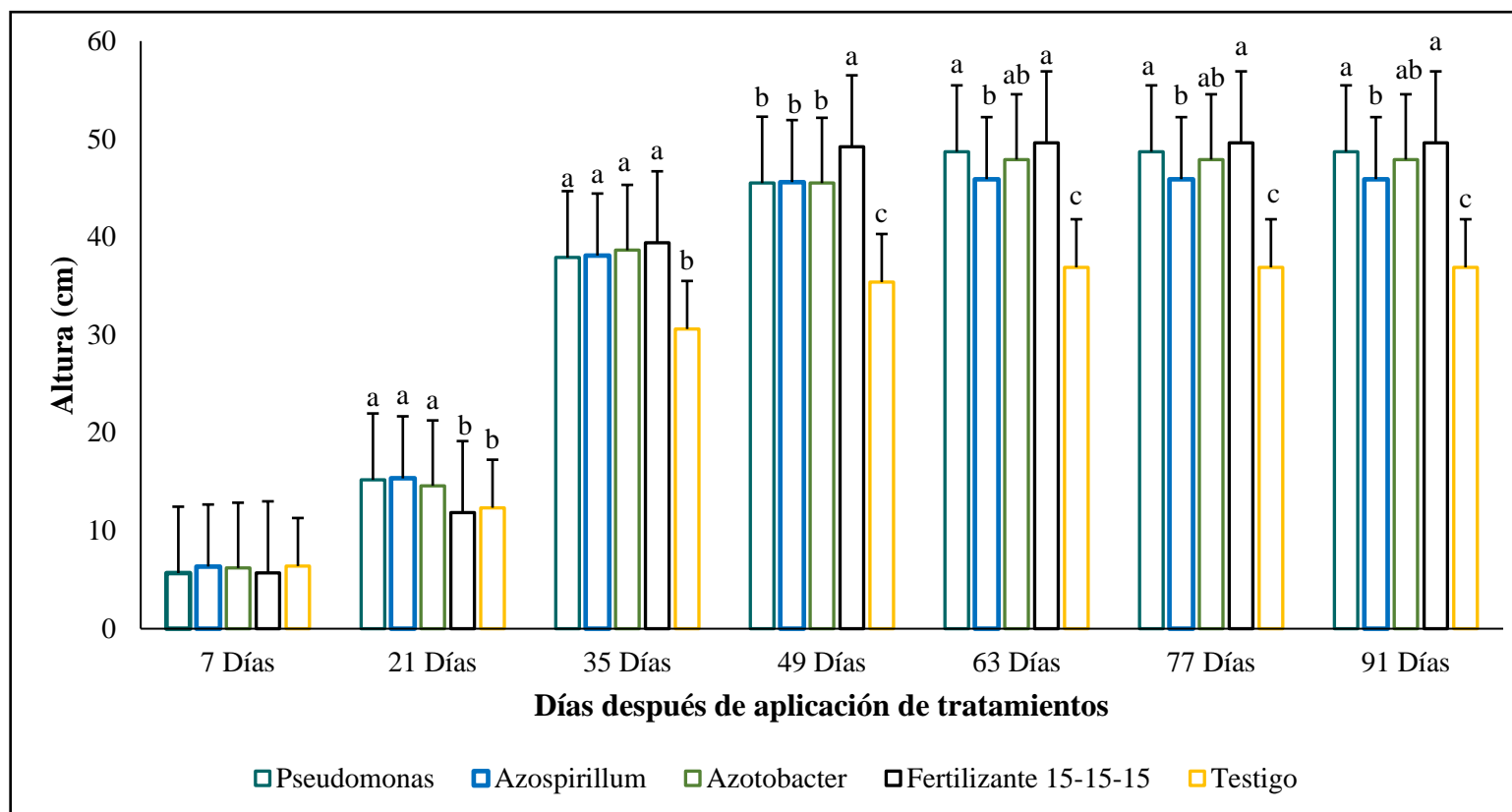


Figura 4. Altura (cm) de las plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en cada evaluación (desde los 7 a los 91 días después de la aplicación de los tratamientos). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

6.1.2. Número de hojas

Se verificó supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza los mismos que no cumplieron, por ende, se procedió a trabajar con análisis de varianza no paramétrico (Kruskal Wallis), el cual presentó diferencia estadística para la variable número de hojas (Anexo 2, tabla 2). En la figura 5 se visualiza la evaluación a partir del día 7 hasta el día 91. En el día 7, la cepa nativa de *Azospirillum* presentó diferencia estadística significativa en relación a *Azotobacter* y al testigo presentado mayor número de hojas, *Pseudomonas* y Fertilizante 15-15-15 no fueron estadísticamente significativos para *Azospirillum*, *Azotobacter* y testigo, en el día 21 y 35 el mayor número de hojas se vio registrado en el Fertilizante químico que fue estadísticamente superior a los demás tratamientos a excepción de *Azospirillum*, mientras que a partir del día 49 al día 91 el mayor número de hojas fue registrado donde se aplicó Fertilizante 15-15-15 que fue estadísticamente significativo con relación a los demás tratamientos evaluados.

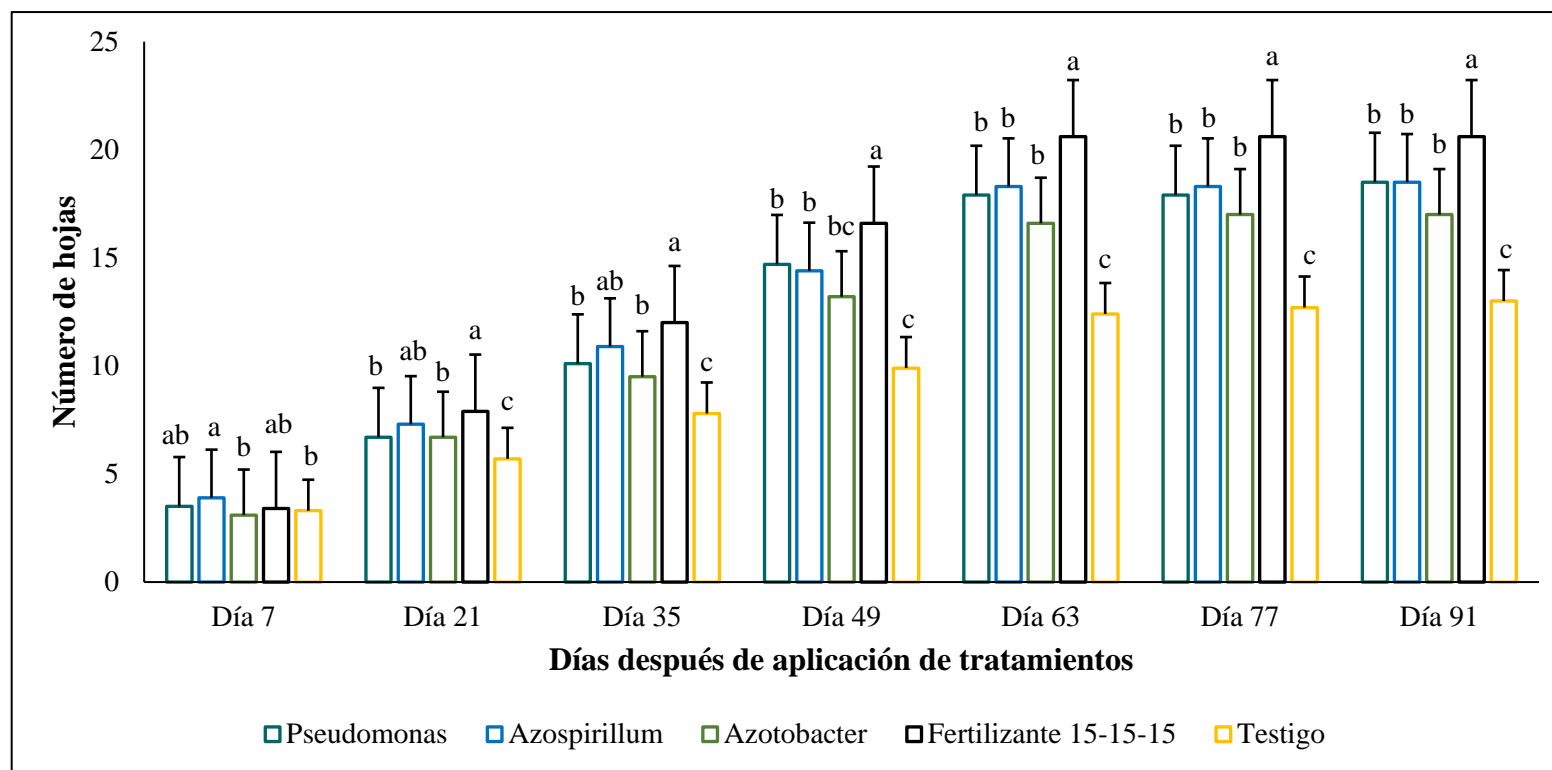


Figura 5. Número de hojas en plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en cada evaluación (desde los 7 a los 91 días después de la aplicación de los tratamientos). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Prueba de Kruskal Wallis ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

6.1.3. Diámetro de tallo

El diámetro del tallo presentó diferencia estadística significativa en todas las evaluaciones realizadas (p -valor $<0,05$) (Anexo 2, tabla 3). En los días 14 y 28 *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter* y fertilizante 15-15-15 presentaron un mayor diámetro de tallo en comparación con el testigo, al día 42 *Pseudomonas* presentó diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos, de igual manera al día 56 la suspensión bacteriana a base *Pseudomonas* y fertilizante 15-15-15 presentaron mayor diámetro del tallo, sin embargo, a partir del día 70 al día 98 el fertilizante 15-15-15 fue estadísticamente superior a los demás tratamientos evaluados (figura 6).

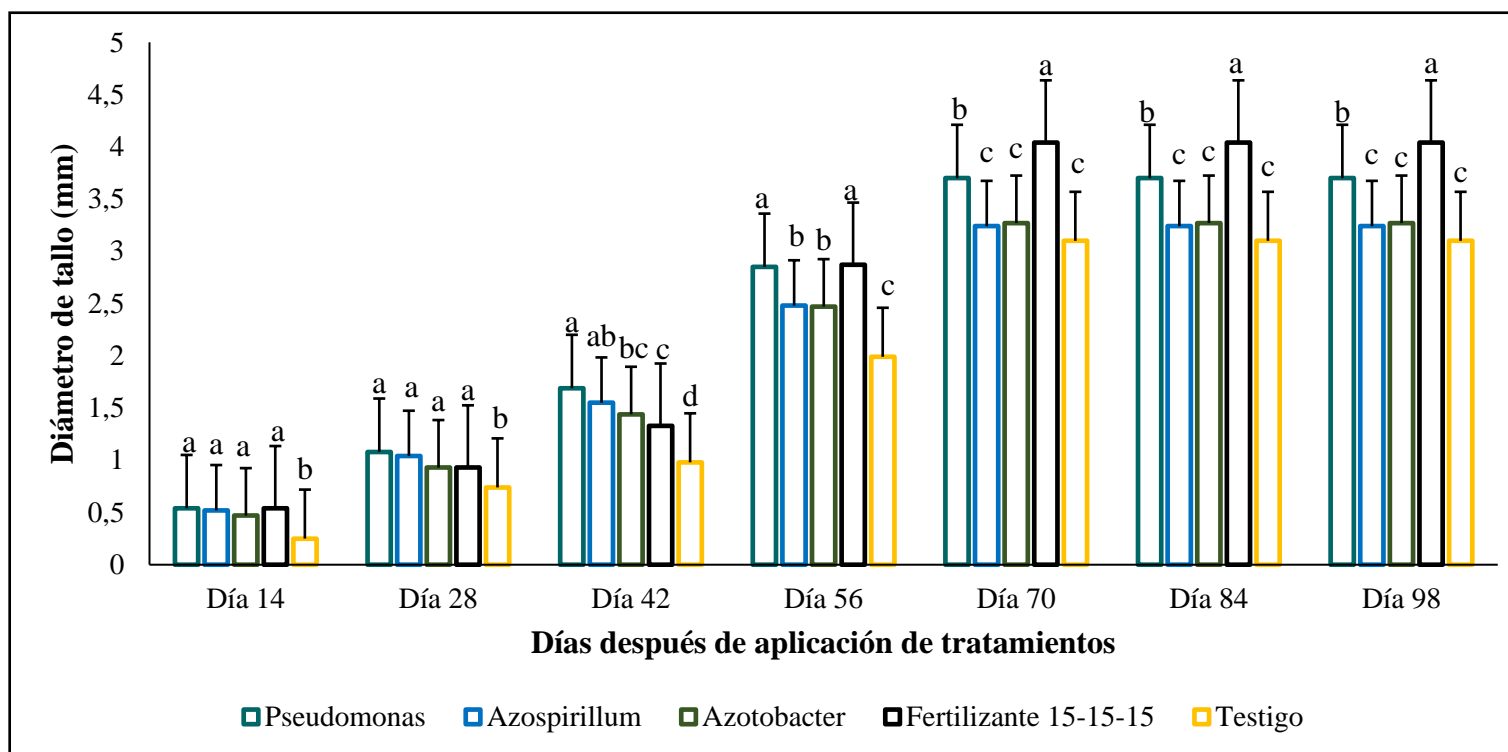


Figura 6. Diámetro (mm) de tallo en plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en cada evaluación (desde los 14 a los 98 días después de la aplicación de los tratamientos). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

6.1.4. Diámetro de pella

El diámetro de pella presentó diferencia estadística significativa desde el día 75 al día 96 (p -valor $<0,05$) (Anexo 2, tabla 4). En el día 75 el fertilizante 15-15-15 fue el que presentó mayor diámetro de pella en comparación con los demás tratamientos, en el día 82 de igual manera el fertilizante presentó mayor diámetro respecto a los demás tratamientos a excepción de *Pseudomonas*, así mismo, al día 89 y día 96 el mejor tratamiento fue fertilizante 15-15-15 presentando mayor diámetro de pella en comparación con los demás tratamientos. Los 3 tratamientos a base de suspensiones bacterianas presentaron diámetros de pella similares y fueron superiores desde la primera hasta la última evaluación en comparación con el testigo (figura 7).

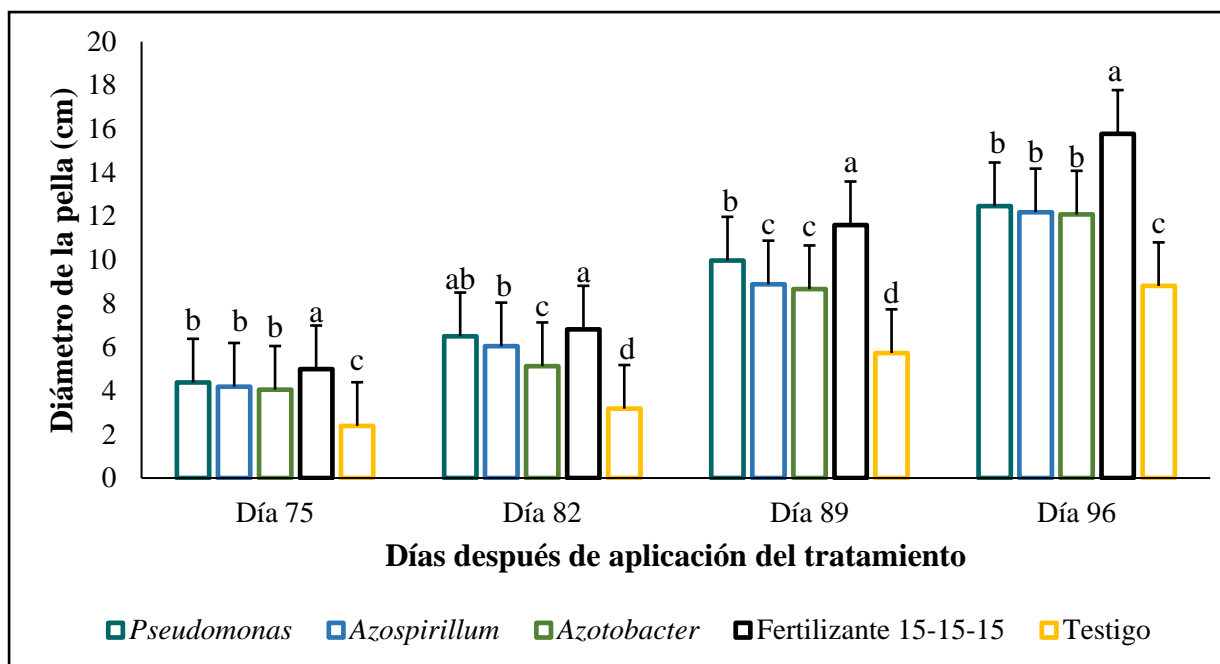


Figura 7. Diámetro (cm) de pella en plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en cada evaluación (desde los 75 a los 96 días después de la aplicación de los tratamientos). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

6.1.5. Peso de pella

El peso de la pella presentó diferencias significativas entre tratamientos (p -valor $<0,0001$) (Anexo 2, tabla 5). El fertilizante 15-15-15 presentó el mayor peso (414,35 g), y fue estadísticamente superior a *Pseudomonas* (394,07 g), *Azospirillum* (369,18 g), *Azotobacter* (362,17 g) y el testigo (110,15 g) (figura 8).

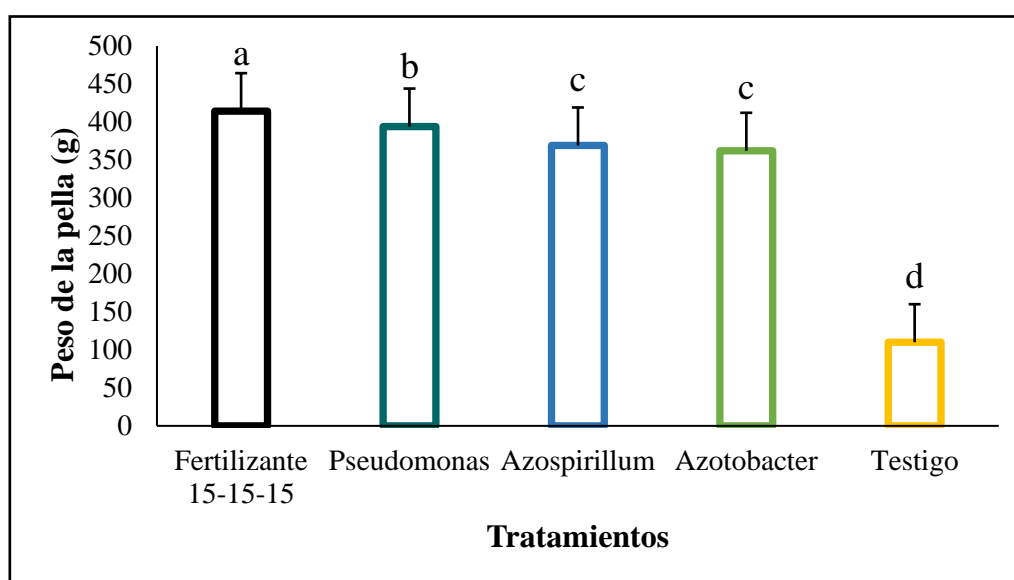


Figura 8. Peso de la pella en plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en función de la aplicación de diferentes tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

6.1.6. Peso de la planta

El peso de la planta presentó diferencias significativas tanto en peso fresco (p -valor $<0,0001$) como en peso seco (p -valor $<0,0001$) (Anexo 2, tabla 6). Como se visualiza en la figura 9 (A y B) el fertilizante 15-15-15 presentó mayor peso tanto fresco como seco y fue estadísticamente superior a los 3 tratamientos a base de suspensiones bacterianas y al testigo.

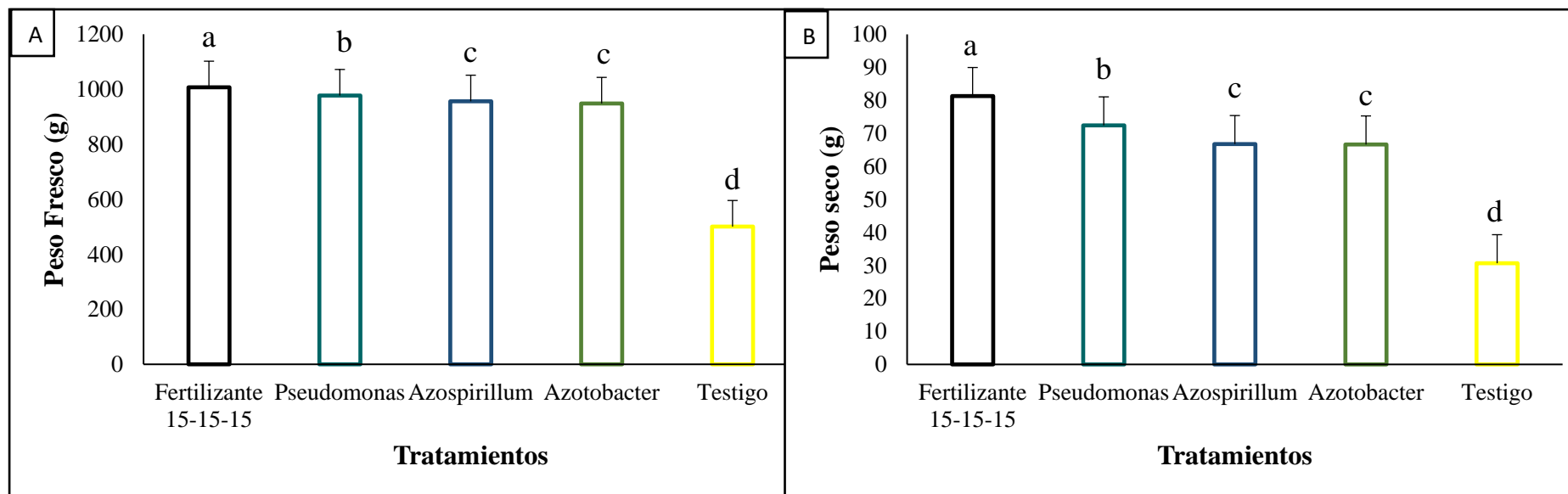


Figura 9. Peso en fresco y seco de las plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica) en función de la aplicación de diferentes tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

6.1.7. Área foliar

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (p -valor $<0,0001$) (Anexo 2, tabla 7), en este sentido el fertilizante 15-15-15 presentó un área foliar de 804,89 cm² el cual fue superior respecto a los demás tratamientos evaluados, en este sentido el segundo tratamiento que proporcionó un área foliar de 664,69 cm² fue cuando se aplicó *Pseudomonas* (figura 10).

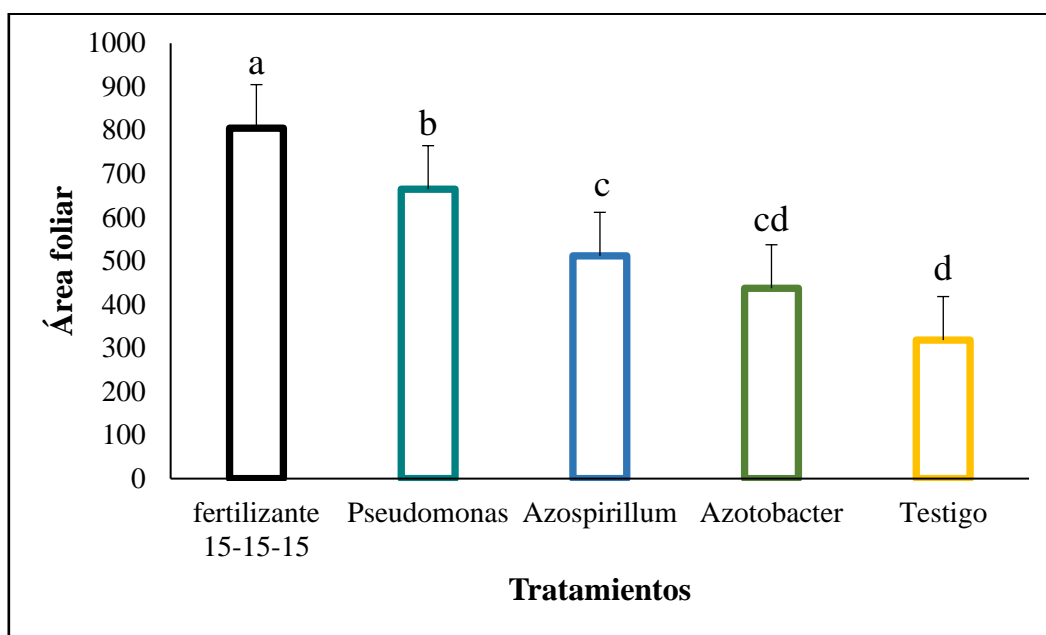


Figura 10. Área foliar en plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en función de la aplicación de diferentes tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

6.2. Determinación del contenido de clorofila

6.2.1. Contenido de clorofila

El contenido de clorofila en hojas de brócoli presentó diferencias estadísticas significativas (p -valor $< 0,05$) desde la primera hasta la última evaluación (Anexo 2, tabla 8). Al día 14 el mayor contenido de clorofila se vio reflejado en el fertilizante 15-15-15 el cual presentó diferencia estadística respecto a los demás tratamientos, en el día 28 *Pseudomonas*, *Azospirillum* y fertilizante 15-15-15 presentaron mayor contenido en comparación con *Azotobacter* y el testigo, al día 42 *Pseudomonas*, *Azospirillum* fueron estadísticamente significativos respecto a

Azotobacter y el testigo, por otro lado, al día 56 el mayor contenido de clorofila se vio reflejado únicamente en *Pseudomonas*. Algo semejante ocurre con el transcurso de los días donde el mayor contenido de clorofila a los 70 días se dio en el fertilizante 15-15-15 y *Pseudomonas*, mientras que para el día 84 simplemente fue en base al fertilizante 15-15-15, finalmente al día 98 *Pseudomonas*, *Azospirillum* y fertilizante 15-15-15 presentaron mayor contenido de clorofila los mismos que fueron estadísticamente superiores a la suspensión bacteriana de *Azotobacter* y el testigo (figura 11).

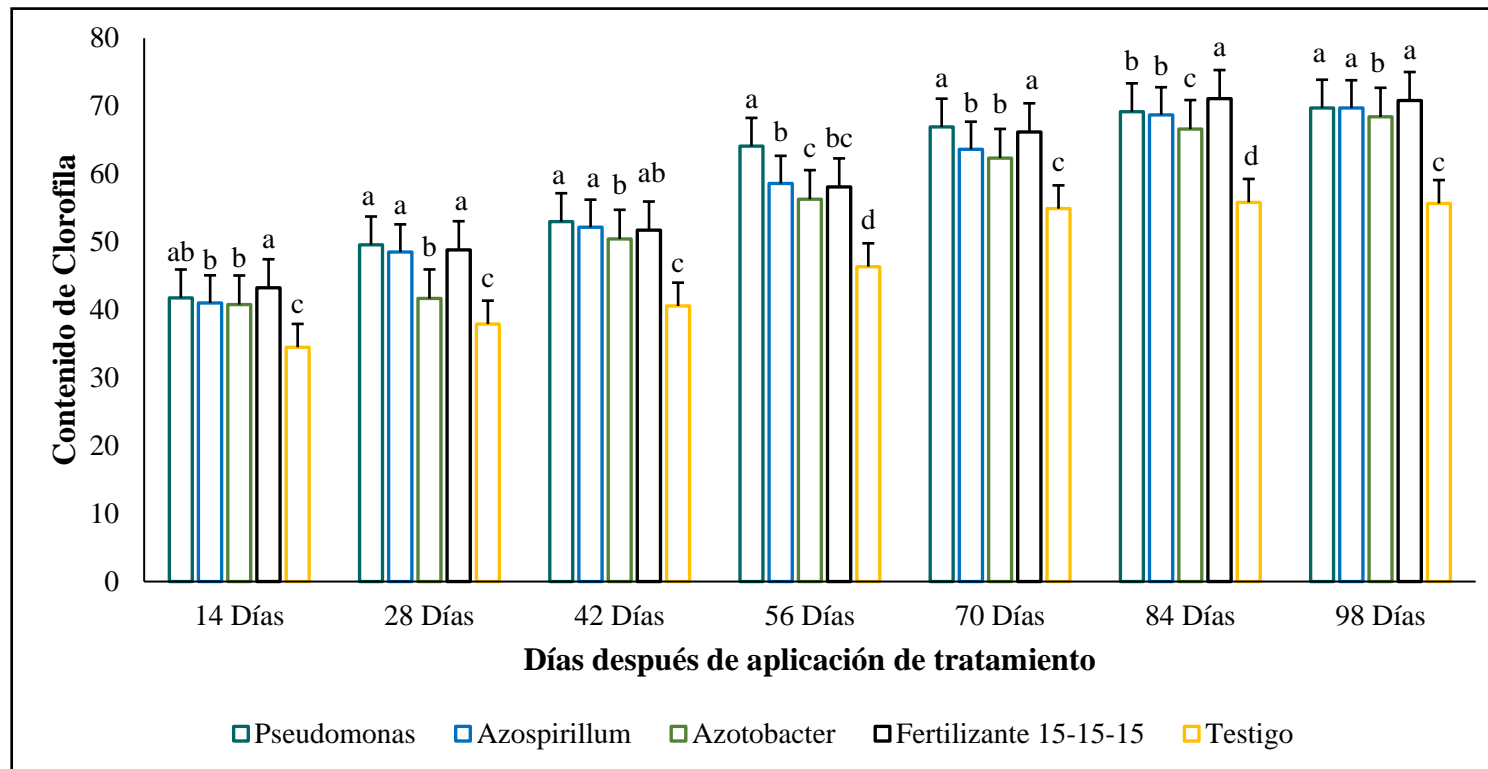


Figura 11. Contenido de clorofila en hojas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en cada evaluación (desde los 14 a los 98 días después de la aplicación de los tratamientos). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

6.3. Rendimiento

El análisis de varianza presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (p -valor $<0,0001$) (Anexo 2, tabla 9). La prueba de comparación de medias mostró que el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de fertilizante 15-15-15, un rendimiento promedio de 16574 kg/ha, con respecto a los demás tratamientos a base de suspensiones bacterianas y al testigo que presentó el rendimiento promedio inferior de 4406 kg/ha (figura 12).

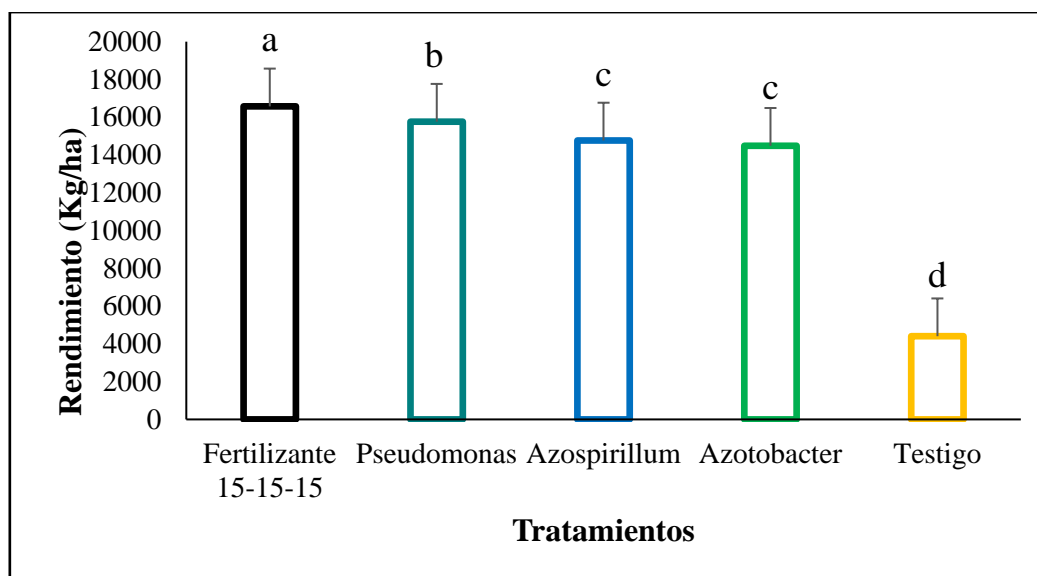


Figura 12. Rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica) en función de la aplicación de diferentes tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

7. Discusión

En el presente estudio, se evaluó el efecto de la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (*Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter*) y un fertilizante convencional 15-15-15 para determinar la influencia en el rendimiento de brócoli bajo invernadero. Los resultados del estudio revelaron que la aplicación de *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter* al inicio de la fase de experimentación presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos al igual que el fertilizante, sin embargo con el transcurso de los días el tratamiento en base al fertilizante 15-15-15 fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, presentando diferencia en las variables: número de hojas, diámetro de tallo, diámetro y peso de la pella, peso fresco y seco de la planta y área foliar, mientras que para la variable altura de la planta el fertilizante 15-15-15 y *Pseudomonas* presentaron la mayor altura, en cuanto al contenido de clorofila los mejores resultados se vieron reflejados en el fertilizante 15-15-15 y en *Pseudomonas* y *Azospirillum*.

Una razón para que el fertilizante 15-15-15 sea estadísticamente superior a los demás tratamientos puede ser porque es un fertilizante muy completo que permite tener una fuente óptima de los tres macro nutrientes primarios N-P-K. El nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son los nutrientes primarios que requieren las plantas para un crecimiento y desarrollo adecuados (Khalofah et al., 2022). El nitrógeno juega un papel importante en el crecimiento vegetativo de las plantas; por lo tanto, debe permanecer disponible durante la etapa vegetativa (Venkatesh et al., 2017). El P aumenta la división celular y estimula el crecimiento de raíces y la floración (Khan et al., 2012). El K es crucial para el crecimiento de la planta, desarrollo, defensa, señalización, procesos de transporte, mejora la absorción de agua y nutrientes (Demidchick, 2014; Ramírez, 2017).

Por otro lado, los microorganismos pueden formar relaciones mutualistas con las plantas, mejorando la productividad agrícola mediante el suministro directo de nutrientes lo que promueve el crecimiento de las plantas. (Umesha et al., 2018, Yadav et al., 2020). *Pseudomonas* es un miembro esencial de la comunidad microbiana del suelo y juega un papel importante en la regulación del ecosistema del suelo agrícola. *Pseudomonas* es una característica ilustre de las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (Misra et al., 2022). *Azospirillum* sp., uno de los géneros de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal mejor estudiados, es capaz de colonizar cientos de especies de plantas y mejorar su crecimiento, desarrollo y productividad, además produce fitohormonas y otras moléculas

relacionadas se proponen para explicar los efectos de promoción del crecimiento vegetal en plantas inoculadas, principalmente bajo condiciones de estrés (Cassán y Díaz, 2016). *Azotobacter* juegan un papel vital y se sabe que producen una amplia variedad de metabolitos secundarios que estimulan el crecimiento de las plantas e influyen directamente en el vigor completo de la planta (Gurikar et al., 2022). En este contexto tanto el fertilizante 15-15-15 como *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter* son de gran interés en la agricultura presentando múltiples beneficios a las plantas y al suelo, sin embargo, en este estudio los mejores resultados se vieron reflejados en el fertilizante 15-15-15 y no en la suspensión bacteriana a base *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter*, esto posiblemente a que la aplicación del fertilizante se lo hizo en 3 momentos durante el ciclo del cultivo, específicamente al día 14, 35 y 70 después del trasplante de las plantas de brócoli, mientras que la suspensión bacteriana se lo realizó en un solo momento al inicio del estudio.

La variable altura de la planta presentó diferencias significativas entre tratamientos (p -valor $<0,05$) a partir del día 21 hasta el día 91 después de la aplicación de los tratamientos. Al día 35 se vio registrada una altura de 39,4 cm en el Fertilizante 15-15-15. Dhakal et al., (2016) evaluaron el rendimiento y calidad de Brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) afectado por nitrógeno y estiércol de granja en Chitwan, Nepal. Se utilizaron cuatro niveles de tratamiento con nitrógeno (0:80:60), (80:80:60), (160:80:60), (240:80:60) kg/ha; y se tomaron tres niveles de tratamientos con estiércol de corral (0, 20 y 40) t/ha. La altura de la planta mostró diferencias significativas a los 30 días después del trasplante, la mayor altura (27,37 cm) fue en combinación de 240 kg N/ha y 40 t de estiércol de corral, la altura registrada en el estudio de Dhakal et al., (2016) fue inferior a la del presente estudio.

La altura máxima de planta y el mayor número de hojas se vieron registradas al día 63, para altura de la planta el fertilizante 15-15-15 (49,6 cm) y en *Pseudomonas* (48,7 cm) presentaron las mayores alturas en comparación con los demás tratamientos, mientras que el mayor número de hojas (20,6 hojas) se encontraron en el fertilizante 15-15-15. Los resultados del presente estudio son inferiores en la variable altura, mientras que en números de hojas es semejante a los resultados presentados por Chand y Singh (2017) los cuales evaluaron el efecto de diferentes dosis de aplicación de NPK y boro en el crecimiento y rendimiento del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) en el oeste de Uttar Pradesh, India. Los resultados indicaron que la mayor altura de planta (65,44 cm) y el máximo número de hojas por planta (18,26 hojas) se registró con una aplicación de 120 kg N+60 kg P₂O₅ +40 kg K₂O+15 kg Boro/ha, mientras que la menor altura y el mínimo número de hojas por planta se registraron bajo el tratamiento

testigo. Es posible que se deba a que el nitrógeno sintetiza proteínas y forma los carbohidratos en la planta de cultivo; favoreció la altura de la planta y el número de hojas. Del mismo modo, el fósforo también juega un papel vital en el crecimiento de las plantas y la captura de energía. La altura de la planta y el número de hojas aumentaron relativamente con la aplicación de NPK porque es necesario para el metabolismo de los carbohidratos y el uso eficiente del agua. Por otro lado, Salim et al., (2018) evaluaron el efecto de los biofertilizantes *Azotobacter chroococcum* y *Pseudomonas fluorescens* sobre el crecimiento del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) en una granja de laboratorio de suelo perteneciente a la Dirección de Agricultura de Diyala, Irak. El experimento incluyó tres niveles de biofertilizantes 0,08, 0,14 y 0,28 g/planta. La mayor altura de la planta fue en el tratamiento de Biofertilizante 0,14 (60,3 cm) seguido de Biofertilizante 0,08 (59,9 cm) y Biofertilizante 0,28 (58,5 cm) en comparación con el testigo (52,3 cm). El máximo número de hojas fue superior en el tratamiento de Biofertilizante 0,28 (23,4 hojas) seguido de Biofertilizante 0,08 (21,9 hojas) y Biofertilizante 0,14 (21,3 hojas) en comparación con el testigo (17,9 hojas). La aplicación de biofertilizantes (*Azotobacter* y bacterias solubilizadoras de fósforo) condujo a la utilización efectiva de los nutrientes disponibles en el suelo, lo que incrementó el crecimiento (Sharma, 200; Sharma et al., 2008). La aplicación de biofertilizantes como *Azotobacter* ayuda en la secreción de sustancias que promueven el crecimiento, lo que conduce a la absorción y descomposición de nutrientes, transporte de agua a través del desarrollo de las raíces (Bhardwaj et al., 2007). Yadav et al. (2012) informaron que el aumento en el número de hojas de brócoli por planta debido a la aplicación de biofertilizantes (*Azotobacter*) podría haber aumentado la disponibilidad de nutrientes a través de la adición directa en el suelo. Las bacterias solubilizadoras de fósforo (PSB) como *P. fluorescens* pueden implementarse para el cultivo de brócoli, *P. fluorescens* tiene la capacidad de aumentar el crecimiento, la absorción de nutrientes y el rendimiento del brócoli (Tanwar et al., 2013). *P. fluorescens* tiene la capacidad de producir sustancias que promueven el crecimiento de las plantas y algunos metabolitos secundarios que mejoran la absorción de nutrientes y el crecimiento de las plantas (Burr et al., 1978). La fertilización externa con NPK aumentó significativamente el crecimiento y la biomasa de las plantas en *Lycopersicon esculentum* (Salam et al., 2010), *Brassica oleracea* (Singh et al., 2015) y *Triticum aestivum* (Leghari et al., 2016)

En cuanto al diámetro de tallo presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos (p-valor<0,005), al día 70 presentó el mayor diámetro (4,04 cm) en el fertilizante 15-15-15 que fue superior a los demás tratamientos, los resultados son similares a los

presentados por Kunzang et al (2017) que evaluaron la respuesta del brócoli a diferentes fechas de plantación, niveles de nutrientes y espaciamientos en condiciones áridas y frías de Ladakh (India), las dosis de fertilizante que utilizaron fueron, 60:80:40 kg/ha, 80 : 100 :60 kg/ha, 100:120:80 kg/ha NPK, el diámetro máximo de tallo registrado (4,24 cm) fue en la tercera dosis de NPK la cual corresponde a 100:120:80 kg/ha. Al comparar los resultados del presente estudio con los de Chand y Singh (2017) son inferiores ya que el mayor diámetro de tallo de brócoli (4,72 cm) fue en el T5 a base de 120 kg N+60 kg P₂ O₅ +40 kg K₂ O+15 kg B/ha.

El diámetro y peso de pella presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos, el mayor diámetro (15,78 cm) y peso (414,35 g) fueron registrados en el fertilizante 15-15-15 que fue estadísticamente significativo a los demás tratamientos. Los resultados son inferiores a los presentados por Metwaly (2016) el cual evaluó el efecto de la fertilización con nitrógeno y boro sobre el rendimiento y la calidad del brócoli en Mansurá, Egipto. La investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto de las dosis de nitrógeno (60, 70, 80 y 90 kg/ha) y las dosis de boro (0,4, 0,8 y 1,2 kg/ha), el mayor diámetro de la pella (19,5 cm) y el mayor peso (768 g) se registraron con 70 kg de nitrógeno y boro con 0,8 kg, mientras que los valores más bajo de diámetro (15,99 cm) y peso (509 g) de pella fue en la combinación de 90 kg de nitrógeno y 0,4 kg de boro, la razón probable de la disminución de pella después de 70 kg N, puede deberse a que el exceso de fertilizante aplicado, lo que disminuyó los parámetros de crecimiento vegetativo. Así mismo los resultados del presente estudio son inferiores a los presentados por Puca (2012) el cual evaluó NPK en la calidad de la pella de Coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), la investigación se llevó a cabo en la provincia de Tungurahua, los tratamientos fueron 10 (nueve que recibieron fertilización y un testigo que recibió aplicación del fertilizante 15-15-15 en dosis de 225 kg/ha aplicado a los 30 días del trasplante, el mayor diámetro (15,43 cm) y peso de la pella (900 g) fueron en los tratamientos que recibieron aplicación de 150 kg/ha de N, 75 kg/ha de P₂O₅ y 250 kg/ha de K₂O, mientras que con la aplicación de fertilizante 15-15-15 en dosis de 225 kg/ha se obtuvo un diámetro de 14,28 cm y un peso de pella de 750 gramos. Los efectos positivos de los fertilizantes minerales pueden deberse a una mejor disponibilidad de nutrientes del suelo y un buen crecimiento del follaje, lo que a su vez facilitó una mayor acumulación y translocación de fotosintatos a los órganos de almacenamiento, como la pella. Anwar et al. (2000) y Kowalenko y Hall (1987) observaron un marcado aumento en el rendimiento del brócoli con la aplicación de NPK. Ouda y Mahadeen (2008) informaron que cada aumento en la dosis de fertilizante inorgánico provocó un aumento gradual en el diámetro de las cabezas principales y laterales del brócoli. Los resultados también corroboran los

hallazgos de Brahma et al. (2002) quienes reportaron valores más altos para atributos de rendimiento con dosis máxima de NPK.

Referente al peso de la planta el fertilizante 15-15-15 presentó un mayor peso tanto en fresco (1007,16 g) como en seco (81,31 g), los resultados son inferiores a los presentados por Martínez et al. (2006) los cuales evaluaron la nutrición potásica del brócoli (*Brassica olearacea*) con manejo convencional y fertirrigación en invernadero, el estudio se desarrolló en Montecillo, Estado de México, en invernadero y en macetas con una planta por maceta, con 9 kg de suelo Vertisol de Guanajuato. Hubo cuatro dosis de fertilización ($K_0=0$, $K_1=70$, $K_2=140$, $K_3=210$ mg K/ kg suelo, que sobre la base de 9 kg suelo por planta y 66 000 plantas/ha, equivalen a 0, 50, 100 y 150 kg K_2O/ha). El peso de la planta en fresco con fertirriego fue de 1820 g, mientras que con un manejo convencional fue de 1337g, por otro lado, el peso de la planta en seco con fertirriego fue 254,2 g y convencional 180,9 g. Catota y Ramírez (2020) evaluaron el comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Avenger sakata) con dos abonos orgánicos y un químico, obtuvieron un peso de 718,20 g para el tratamiento gallinaza, mientras el abono químico y el humus mantienen valores cercanos con 666,36 y 617,89 g respectivamente, valores inferiores a los del presente estudio.

La mayor área foliar se registró en el fertilizante 15-15-15 con un valor de 804,89 cm² estos resultados indican que el tratamiento con fertilizante aportó un mayor desarrollo foliar en comparación con los demás tratamientos evaluados, lo cual puede ser explicado por el hecho de que el área foliar es un indicador directo del crecimiento de los cultivos, siendo una medida de la cantidad de superficie afectada por la luz para la fotosíntesis, la cual se ve ampliamente afectada por el uso de fertilizantes. Estos resultados se ven reforzados por los estudios de Bankar et al. (2022) donde evaluaron el efecto de los niveles de nitrógeno con boro y zinc sobre el crecimiento de brócoli en la India, específicamente en Parbhani. En su estudio el área foliar máxima de brócoli (717,07 cm²) fue registrada por el tratamiento a base 130:60:40 NPK kg/ha con boro a 15 kg/ha, valor ligeramente inferior al del presente estudio cuando se aplicó un fertilizante. Por otra parte, los resultados del presente estudio no coinciden con los presentados por Mohanta et al. (2018) los cuales evaluaron los efectos del manejo integrado de nutrientes sobre el crecimiento, rendimiento, calidad y economía de la germinación de brócoli en la India. Como resultado el área foliar de brócoli con diferentes niveles de NPK y abonos orgánicos mostró variaciones significativas entre los tratamientos. El área foliar óptima registrada fue de 405,45 cm² cuando se aplicó 50 % NPK+ Vermicompost @ 2.5 kg/ha, valor inferior a los del estudio. El-Helaly (2012) evaluó el efecto de las tasas de fertilización con nitrógeno y las

fuentes de potasio en el rendimiento, la calidad y la capacidad de almacenamiento del brócoli. El autor encontró que el área foliar promedio máxima por planta (1168,5 y 952,6 cm²) se registró en la primera y segunda temporada respectivamente por debajo de 60 kg N. Estos resultados confirmarían que el uso de fertilizantes es una herramienta eficaz para mejorar el desarrollo foliar de los cultivos, lo que redundaría en un mayor rendimiento y calidad en el producto final. Además, se debe resaltar el hecho de que estos resultados contribuyen al desarrollo de agricultura sostenible, ya que el uso de fertilizantes de manera adecuada y responsable contribuye al aumento de la producción agrícola sin dañar el medio ambiente.

La clorofila es un pigmento involucrado en el proceso de la fotosíntesis (Rojas, 2011), está estrechamente relacionada con la concentración de nitrógeno, el contenido de clorofila en las plantas; por lo tanto, el contenido de clorofila refleja el estado nutricional del vegetal con respecto al nitrógeno (Reddy, 2014). En este estudio se evaluó el contenido de clorofila en plantas de brócoli con un equipo portátil (SPAD-502) el contenido de clorofila presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos (p-valor<0,05) a pesar de algunas variaciones a lo largo del tiempo, a los 98 días el mayor contenido de clorofila estuvo presente en el fertilizante 15-15-15 (70,82), en *Azospirillum* (69,74) y *Pseudomonas* (69,72). Bika et al. (2018) analizaron la respuesta de diferentes dosis de nitrógeno en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en el distrito de Lamjung, Asia del Sur. En el experimento se utilizaron seis tasas de N (50, 100, 150, 200, 250, 300 kg/ha) El tratamiento que recibió 300 kg/ha presentó el mayor contenido de clorofila (68,71) valor inferior al presentado en el presente estudio. Los resultados del presente estudio presentan un mayor contenido de clorofila con los presentados por Gómez (2016) el cual evaluó medidas de nitrógeno en planta para su uso como sistema de recomendación de abonado nitrogenado en el cultivo de coliflor, se utilizaron cuatro dosis de N (93, 189, 270, 322 kg/ha) el mayor contenido de clorofila obtenido en el estudio fue de 63 con la aplicación con 322 kg N/ha. El nitrógeno es el principal compuesto estructural de la clorofila y constituyente de todos los aminoácidos en proteínas y lípidos que participan en la fotosíntesis de moléculas (Bika et al.,2018). Cruz (2019) evaluó el efecto de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en brócoli (*Brassica oleracea* L.) en México, se utilizaron las cepas: *Pseudomonas tolaasii* P61, *Pseudomonas tolaasii* A46, *Bacillus pumilus* R44 y *Paenibacillus* sp. Así como 2 niveles de fertilización el primero corresponde a dosis de fertilización de 45-14-36 de NPK (50 % de la fertilización) y el segundo 90-28-72 de NPK (100 % de fertilización), las plántulas inoculadas con la cepa A46 (*Pseudomonas tolaasii*) y fertilizadas con la solución al 50 % presentó un mayor contenido relativo a clorofila de 50.285

a diferencia de los demás tratamientos, sin embargo son valores inferiores a los presentados en el presente estudio en comparación con *Pseudomonas* que presentó un contenido de clorofila de 69,72. La inoculación de plantas con *Pseudomonas* sp. y *Azospirillum* sp. mejoraron notablemente el peso fresco y seco de raíces y brotes, el área foliar, la clorofila en las plántulas de *B. oleracea* y *B. napus* (Turan et al., 2014; Szymańska et al., 2019). En cultivos de maíz (*Zea mays* L.) inoculados con diferentes cepas de *Azospirillum* sp se ha visto un mayor efecto en el contenido de clorofila (Nguyen et al., 2019). En cultivos de soya (*Glycine max*) inoculados con productos bacterianos comerciales de *Azospirillum* spp, también se ha visto un efecto en el contenido de clorofila relacionándolo con el aumento en el rendimiento de grano por hectárea (Díaz et al., 2015). En este contexto, el suministro de estas rizobacterias a plantas de la familia Brassicaceae trae beneficios a los cultivos Jalal et al., (2023).

Finalmente, el rendimiento estimado a kg/ha indicaron que el fertilizante 15-15-15 presentó un mayor rendimiento (16574 kg/ha) a diferencia de los demás tratamientos, valor un tanto superior al presentado por Singh et al. (2015) los cuales evaluaron la respuesta de diferentes dosis de NPK y Boro sobre el crecimiento y rendimiento de Brócoli al oeste de Uttar Pradesh, India, teniendo como resultado un rendimiento de 14800 kg/ha cuando aplicaron 120 kg N+60 kg P₂O₅ +40 kg K₂O+15 kg B/ha, de igual manera el rendimiento en el presente estudio es un tanto superior al presentado por Ubidia (2014) la cual evaluó la eficacia de fertilizantes de liberación controlada en el cultivo de Brócoli en el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, como resultado obtuvo un rendimiento de 15000 kg/ha en el tratamiento donde se le aplicó 78 kg/ha N - 83 kg/ha P₂O₅ - 293 kg/ha K₂O, por otro lado los resultados del presente estudio son inferiores a los presentados por Puenayan et al. (2010) en donde evaluaron la respuesta del brócoli a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Nariño, Colombia, obtuvieron un rendimiento de 33400 kg/ha cuando se aplicó 150 N-200 P₂O₅ -80 K₂O, así mismo el estudio realizado

8. Conclusiones

- La aplicación del fertilizante químico 15-15-15, produjo los mejores resultados obtenidos en las diferentes variables evaluadas como: número de hojas, altura, diámetro de tallo, diámetro y peso de la pella, peso fresco y seco de la planta, área foliar, contenido de clorofila y rendimiento agrícola (kg/ha), sin embargo, *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter* presentaron resultados cercanos a los del fertilizante químico y superiores respecto al testigo.
- Al inicio de la fase de experimentación *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter* presentaron diferencia estadística significativa entre tratamientos al igual que el fertilizante químico, con el transcurso de los días el fertilizante 15-15-15 fue significativamente superior a los demás tratamientos, lo que contribuyó a un crecimiento más vigoroso y a un mejor rendimiento del cultivo. Estos resultados sugieren que la aplicación de los biofertilizantes usados en este experimento podría con mayores dosis suplir a la fertilización convencional y ser una herramienta útil para los agricultores que buscan mejorar el rendimiento de sus cultivos de brócoli.
- Luego de realizar el experimento para determinar el contenido de clorofila en hojas de brócoli en respuesta a la inoculación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal y fertilización química, se concluye que la fertilización química tuvo mejores resultados. Esto se evidencia por el aumento significativo en el contenido de clorofila en las hojas de brócoli. Además, los resultados del experimento demuestran que la inoculación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal es una alternativa viable para el crecimiento de plantas, aunque no produce los mismos resultados que la fertilización química.

9. Recomendaciones

- Es necesario realizar más estudios con la aplicación de suspensión bacteriana a base *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter*, con tres momentos de aplicación en las etapas que el cultivo requiere más nutrientes como lo es en la etapa juvenil (al momento del trasplante), en la etapa de emergencia floral y en la etapa de formación de la cabeza, con la finalidad de obtener un mayor rendimiento.
- El estudio es parte de una investigación base, por lo cual es necesario seguir con las investigaciones y posteriormente evaluar en campo para valorar la efectividad de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal (*Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter*), frente a las condiciones reales que presenta el cultivo, ya que el ensayo se realizó bajo condiciones controladas.

10. Bibliografía

- Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Meftah Kadmiri, I. (2021). Nitrogen fixing Azotobacter species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in microbiology*, 12, 354.
- Abad, G. (2022). Generación y evaluación de nitrógeno bien expresado a partir de la asociación simbiótica Azolla-Anabaena para producción de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en la quinta experimental “La Argelia”:. Obtenido de Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja : <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25556/1/Gabriela%20Natali%20Abad%20Calva.pdf>
- Acosta, J., Martínez, B., Cerdá, A., Ferrández, B. y Núñez, E. (2018). *Alimentos de la región de Murcia: Brócoli*. UCAM Santander.
- Acurio, R., Mamarandi, J., Ojeda, A., Tenorio, E., Chiluisa, V. y Vaca, I. (2020). Evaluación de *Bacillus spp.* como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) y lechuga (*Lactuca sativa*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-16.
- Anwar, M. N., Huq, M. S., Nandy, S. K., & Islam, M. S. (2000). Growth yield component and curd yield of broccoli as influenced by N, P, K, S and Mo in grey terrace soil. *Bangladesh J. Agric. Res*, 25(4), 685-691.
- Armenta-Bojórquez, A. D., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., Apodaca-Sánchez, M. Á., Gerardo-Montoya, L., & Nava-Pérez, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56.
- Bankar, P. N., Pavhane, S. B., & Tambe, T. B. (2022). Effect of levels of nitrogen with boron and zinc on growth of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Cv. Phule Ganesh.
- Baseerat Bibi, Gohar Ayub, Mohammad Ilyas, Abida Bibi, Manzoor Ahmad, Samia Mukhtar y Qurat ul Ain. Efecto de los niveles de NPK sobre el rendimiento y los componentes del rendimiento del repollo (*Brassica oleracea* L. Var. Capitata). *Biología pura y aplicada*. vol. 5, Número 2, 2016, pp234
239. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2016.50030>

- Brahma, S., Phookan, D. B., Gautam, B. P., & Bora, D. K. (2002). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and yield of broccoli (*Brassica oleraceae* var. *italica*) cv. Pusa broccoli KTS-1. *J. Agri. Sci. Soc. North East India*, 15(1), 104-106.
- Bhardwaj, A. K., Kumar, P., & Singh, R. K. (2007). Response of nitrogen and pre-planting treatment of seedlings with the azotobacter on growth and productivity of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Asian journal of Horticulture*, 2(1), 15-17.
- Bhattacharjee, R., & Dey, U. (2014). Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 8(24), 2332-2343.
- Bika, R., Bhandari, N., & Khanal, A. (2018). Response of different doses of nitrogen on broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) in lamjung district. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 6(3), 270-273.
- Borboa, J., Wong, F., Rodríguez, F., Hernández, L., Reyes, J. y Rueda, E. (2016). Halobacterias promotoras del crecimiento vegetal en *Brassica oleracea* en el noroeste de México. *REMEXCA*, 17, 3509-3519.
- Burdman, S., Okon, Y., & Jurkevitch, E. (2000). Surface characteristics of *Azospirillum brasilense* in relation to cell aggregation and attachment to plant roots. *Critical reviews in microbiology*, 26(2), 91-110.
- Burr, T. J., Schroth, M. N., & Suslow, T. (1978). Increased potato yields by treatment of seed pieces with specific strains of *Pseudomonas fluorescens* and *P. putida*. *Phytopathology*, 68(9), 1377-1383.
- Canto, J., Peralta, S. y Morales, D. (2004). Efecto de la inoculación con *azospirillum* sp. En plantas de Chile habanero. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 4(1), 21-27.
- Cassán, F., Coniglio, A., López, G., Molina, R., Nievas, S., de Carlan, C. L. N., . . . Pedrosa, F. O. (2020). Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*, 56(4), 461-479.
- Cassán, F., & Diaz-Zorita, M. (2016). *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. *Soil Biology and Biochemistry*, 103, 117-130.
- Cásseres, E. 1980. Producción de hortalizas. Editorial IICA. 3ra Ed. San José, Costa Rica Pp 170 – 173.
- Castañeda, C. S., Almanza-Merchán, P. J., Pinzón, E. H., CELY-REYES, G. E., & SERRANO-CELY, P. A. (2018). Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no

- destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 329-337.
- Catota Ramos, W. D. R., & Ramírez Sabando, J. E. (2020). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (Brassica oleracea Var. Avenger sakata) con dos abonos* (Bachelor's thesis, Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Centro Integrado de Geomática Ambiental. (2013). CINFA, UNL.
- Chand, T., & Singh, M. K. (2017). Effect of different doses of NPK and boron application on growth and yield of Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) in western Uttar Pradesh India.. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 7 (1)
- Chen, J. M., & Cihlar, J. (1996). Retrieving leaf area index of boreal conifer forests using Landsat TM images. *Remote sensing of Environment*, 55(2), 153-162.
- Chen, Z., Jia, K., Wei, X., Liu, Y., Zhan, Y., Xia, M., ... & Zhang, X. (2022). Improving leaf area index estimation accuracy of wheat by involving leaf chlorophyll content information. *Computers and Electronics in Agriculture*, 196, 106902.
- Coello, G. (2005). Evaluación de cuatro Productos Orgánicos en el Combate de Plagas y Enfermedades para la Producción de Brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*) en Yaruquí. *Escuela Politécnica del Ejército, IASA. Sangolquí, Ecuador*.
- Corrales, L., Lozano, L., Gómez, M., Ramos, S. y Rodríguez, J. (2016). *Bacillus spp*: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Nova*, 15(27), 45-65.
- Cruz, M., & Isabel, L. M. (2019). *Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en brócoli (Brassica oleracea L.)* (Master's thesis).
- Cruz, M.M. (2019). *Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en brócoli (Brassica oleracea L.)* (Master's thesis).
- Demidchick, V. (2014). Mechanisms and physiological roles of K⁺ efflux from root cells. *Journal of plant physiology*, 171(9), 696-707.
- Dhakal, M., Shakya, S. M., & Bhattarai, S. (2016). Yield and quality of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italic* Plenck.) cv. Calabrese affected by nitrogen and farm yard manure in Chitwan, Nepal. *Journal of Plant Health*, 1, 102. Yadav, A. N., Kour, D., Kaur, T., Devi, R., Guleria, G., Rana, K. L., ... & Rastegari, A. A. (2020). Microbial

- biotechnology for sustainable agriculture: current research and future challenges. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*, 331-344.
- Díaz Franco, A., Magallanes Estala, A., Aguado Santacruz, A., & Hernández Mendoza, J. L. (2015). Respuesta de la soya a inoculantes microbianos en el norte de Tamaulipas, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(2), 227-238.
- Dwivedi, D., & Johri, B. (2003). Antifungals from fluorescent pseudomonads: biosynthesis and regulation. *Current Science*, 1693-1703.
- El-Helaly, M. A. (2012). Effect of nitrogen fertilization rates and potassium sources on broccoli yield, quality and storability. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 8(4), 385-394.
- Escobar, C., Horna, Y., Carreño, C. y Mendoza, G. (2011). Caracterización de cepas nativas de *Azotobacter* spp. Y su efecto en el desarrollo de *Lycopersicon esculentum* Mill. “tomate” en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria*, 2(1), 39-49.
- Escobar, S. M., Cabezas, L. D. S., & Leal, L. C. S. (2022). Perspectiva del uso de *Pseudomonas* spp. como biocontrol de fitopatógenos en cultivos de hortalizas en Colombia: una revisión sistemática. *Revista Mutis*, 12(2).
- Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M. (2018). Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, 8(1), 73. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>
- Ganeshan, G., & Manoj Kumar, A. (2005). *Pseudomonas fluorescens*, a potential bacterial antagonist to control plant diseases. *Journal of Plant Interactions*, 1(3), 123-134.
- Gao, D., An, D., Liu, J., Shi, J., Zhou, X., & Wu, F. (2022). Wheat cover crop alters soil microbial community and increases cucumber yield under different potassium regimes. *European Journal of Agronomy*, 139, 126567.
- García, S. y Lazovski, L. (2011). *Guía de Uso Responsable de Agroquímicos*. (1ª ed.). Ministerio de Salud de Buenos Aires.
- Gogoi, R., Baruah, S., & Saikia, J. (2021). Azospirillum: A Salient Source for Sustainable Agriculture. *Biofertilizers: Study and Impact*, 309-334.
- Gómez, L. R. (2016). Evaluación de medidas de nitrógeno en planta para su uso como sistema de recomendación de abonado nitrogenado en el cultivo de coliflor (Doctoral dissertation, Universidad de La Rioja).

- González, H. y Fuentes, N. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 17-31.
- Gray, A. (1982). Taxonomy and evolution of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Economic Botany*, 36(4), 397-410.
- Guerrero, J. A. M. (2018). *RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TOMATE* Instituto Tecnológico de Torreón].
- Guevara, Y., Hernández, A., San Juan, A. N., & Gómez, E. (2014). NITROFIX: Alternativa para la agricultura orgánica y sostenible. *Agricultura Orgánica*, 20(2), 4-6.
- Gurikar, C., Sreenivasa, M. Y., Gowda, N. N., & Lokesh, A. C. (2022). Azotobacter—A potential symbiotic rhizosphere engineer. In *Rhizosphere Engineering* (pp. 97-112). Academic Press.
- Hesse, C., Schulz, F., Bull, C. T., Shaffer, B. T., Yan, Q., Shapiro, N., . . . Paulsen, I. T. (2018). Genome-based evolutionary history of *Pseudomonas* spp. *Environmental microbiology*, 20(6), 2142-2159.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). Índice de publicación ESPAC2015. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_a_gropecuarias/espac/espac_20142015/2015/Presentacion%20de%20resultados%20ESPAC_2015.pdf
- Jalal, A., da Silva Oliveira, C. E., Galindo, F. S., Rosa, P. A. L., Gato, I. M. B., de Lima, B. H., & Teixeira Filho, M. C. M. (2023). Regulatory Mechanisms of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and Plant Nutrition against Abiotic Stresses in Brassicaceae Family. *Life*, 13(1), 211.
- Jaramillo, J. y Díaz, C. (2006). *El Cultivo de las Crucíferas*. Litomadrid.
- Jiménez Avella, D. J. (2007). Caracterización molecular de cepas nativas colombianas de *Azotobacter* spp. mediante el análisis de restricción del DNA ribosomal 16S.
- Khalofah, A., Ghramh, H. A., Al-Qthanin, R. N., & L'taief, B. (2022). The impact of NPK fertilizer on growth and nutrient accumulation in juniper (*Juniperus procera*) trees grown on fire-damaged and intact soils. *Plos one*, 17(1), e0262685.

- Khan, M. B., Rafiq, R., Hussain, M., Farooq, M., & Jabran, K. (2012). Ridge sowing improves root system, phosphorus uptake, growth and yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Measurements*, 22, 309-317.
- Kloepper, J. W., Lifshitz, R., & Zablutowicz, R. M. (1989). Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends in biotechnology*, 7(2), 39-44.
- Koodi, S., Ameta, K. D., Kaushik, R. A., Choudhary, A., Jain, D., Dudwal, B. L., ... & Al-Sadoon, M. K. (2022). The Integrated Approach for Organic and Inorganic Sources of Nutrients to Enhance Performance of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis L.) under Sub-Humid Climatic Conditions. *Sustainability*, 14(20), 13368.
- Kowalenko, C. G., & Hall, J. W. (1987). Effects of nitrogen applications on direct-seeded broccoli from a single harvest adjusted for maturity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(1), 9-13.
- Kunzang, L., Parveen, W. K., & Hussain, K. S. (2017). Quality attributes of broccoli-F1 as affected by different planting dates, nutrient levels and spacings under cold Arid conditions of Ladakh (India). *Vegetos*, 30(1), 24-27
- Labrada, R. (2012). Weed Management a component of IPM. Weed Management of Asia and the Pacific Region (págs. 5 - 14). Taegu - Korea: FAO, Special supplement.
- Le, T.N., Chiu, C.-H., Hsieh, P.-C., 2020. Bioactive compounds and bioactivities of *Brassica oleracea* L. var. italica sprouts and microgreens: An updated overview from a nutraceutical perspective. *Plants* 9, 946.
- Leal-Almanza, J., Gutiérrez-Coronado, M.A., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F., Cortes-Jiménez, J.M., Santos-Villalobos, S.d.l., 2018. Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra. *Agrociencia* 52, 1149-1159.
- Liu, S., Pubu, C., Zhu, Y., Hao, W., Zhang, G., & Han, J. (2023). Optimizing nitrogen application depth can improve crop yield and nitrogen uptake—A global meta-analysis. *Field Crops Research*, 295, 108895.
- López, M. D. G., Sánchez, L. R., Crespo, J. P., Botía, C. P., & Sáez, J. (1998). Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 13(1), 111-120.

- Mahn, A., & Reyes, A. (2012). An overview of health-promoting compounds of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and the effect of processing. *Food Science and Technology International*, 18(6), 503-514. <https://doi.org/10.1177/1082013211433073>
- Mamarandi, J., & Ojeda, A. (2019). Evaluación de cepas de *Bacillus* spp. como microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) en brócoli (*Brassica oleracea*) y lechuga (*Lactuca sativa*). *Trabajo de titulación. Universidad Politécnica Salesiana*, 103.
- Maroto Borrego, J. V. (2008). *Elementos de horticultura general*. Mundi-Prensa Libros.
- Maroto, J. (2002). Horticultura herbácea especial 5ta edición. Ed. Mundi – prensa. Madrid.
- Martínez, J. L. V., Escobar, R. N., Ferrat, I. L., Barra, J. D. E., & González, R. C. (2006). Nutrición potásica del brócoli (*Brassica oleracea*) con manejo convencional y fertirrigación en un vertisol en invernadero. *Agrociencia*, 40(1), 1-11.
- Metwaly, E. E. (2016). Effect of nitrogen and boron fertilization on yield and quality of broccoli. *Journal of Plant Production*, 7(12), 1395-1400.
- Mauriya, S.K., Dwivedi, D.H., Lalita, K., Kumar, S., 2018. Influence of organic, inorganic fertilizers and micronutrients on growth of broccoli. *Journal of Pharmacognosy and Photochemistry* 7, 2107-2109.
- Ministerio de Agricultura. (2013). *Agricultura Orgánica Nacional. Bases técnicas y situación actual*. SAG.
- Misra, P., Uniyal, S., & Srivastava, A. K. (2022). Pseudomonas for sustainable agricultural ecosystem. In *Microbial Syntrophy-Mediated Eco-enterprising* (pp. 209-223). Academic Press.
- Mohanta, R., Nandi, A. K., Mishra, S. P., Pattnaik, A., Hossain, M. M., & Padhiary, A. K. (2018). Effects of integrated nutrient management on growth, yield, quality and economics of sprouting broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Shayali. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 2229-2232.
- Mukherjee, V., & Mishra, P. (2012). Broccoli an underexploited nutraceutical. *Science Research Reporter*, 2(3), 291-294.
- Naamala, J., & Smith, D. L. (2020). Relevance of plant growth promoting microorganisms and their derived compounds, in the face of climate change. *Agronomy*, 10(8), 1179.

- Nguyen, M. L., Spaepen, S., du Jardin, P., & Delaplace, P. (2019). Biostimulant effects of rhizobacteria on wheat growth and nutrient uptake depend on nitrogen application and plant development. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65(1), 58-73.
- Orellana, H., Solórzano, H., Bonilla, A. Salazar, G. Falconí, C. y Velasteguí, R. (2008). Manejo Orgánico Ecológico del Cultivo de Brócoli. *Vademécum Agrícola*, 1-8.
- Ouda, B. A., & Mahadeen, A. Y. (2008). Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). *International Journal of Agriculture and biology*, 10(6), 627-632.
- Rojas-Badía, M.M., Bello-González, M.A., Ríos-Rocajull, Y., Lugo-Moya, D., Rodríguez-Sánchez, J., 2020. Utilización de cepas de Bacillus como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. *Acta Agronómica* 69, 54-60.
- PANTOJA, C., & Calvache, M. (2006). *Efecto de la fertilización química (NPK-Ca) en la incidencia de la mancha negra de la pella en un ciclo de producción comercial de brócoli (Brassica oleraceae var. Italica, hib. legacy), Machachi-Pichincha* (Doctoral dissertation, Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. pág. 77-88).
- Perotti, E., & Gamundi, J. C. (2009). La importancia de saber proteger oportunamente las hojas del cultivo de soja. *Para Mejorar la Producción*, ed by Fernandez Alsina, M. INTA EEA Oliveros, Troyeto, Torri y Cimini SH, Rosario, 42, 113-117.
- Puca Morales, F. J. (2012). *Evaluación de npk en la calidad de la pella de coliflor (brassica oleracea var. botrytis)* (Bachelor's thesis). Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2021/1/Tesis-019agr.pdf>
- Puenayan, A., Córdoba, F., & Unigarro, A. (2010). Respuesta del brócoli *Brassica oleracea* var. Italica L. Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 27(1), 49-57.
- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). Producción de Brócoli en Ecuador. Observatorio económico y social de Tungurahua. *Universidad Técnica de Ambato. Recuperado* de https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipticos/Diptico_N38.pdf

- Santoyo, J. y Martínez, C. (2011). *Tecnología de producción de brócoli*. Sinaloa A.C.
- Santoyo, J., & Martínez, C. (2011). Tecnología de producción de brócoli. *Sinaloa, México: Fundación Produce Sinaloa AC Recuperado de: <http://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/35-otros>*.
- Salim, H. A., Aziz, A. K., Mahdi, M. H., Ali, M. A. K., Salman, M. H., Hussein, M. M., ... & Hadi, T. A. (2018). Effect of bio-fertilizers azotobacter chroococcum and pseudomonas fluorescens on growth of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica). *Journal: Journal of Advances in Biology, 11*(01).
- Sharma, A., Parmar, D. K., Kumar, P., Singh, Y., & Sharma, R. P. (2008). Azotobacter soil amendment integrated with cow manure reduces need for NPK fertilizers in sprouting broccoli. *International Journal of Vegetable Science, 14*(3), 273-285.
- Sharma, K. C. (2000). Influence of integrated nutrient management on yield and economics in broccoli (*Brassica oleracea* L. var italica Plenck) under cold temperate conditions. *Vegetable Science, 27*(1), 62-63.
- Singh, M. K., Chand, T., Kumar, M., Singh, K. V., Lodhi, S. K., Singh, V. P., & Sirohi, V. S. (2015). Response of Different Doses of NPK and Boron on Growth and Yield of Broccoli (*Brassicaoleracea* L. var. italica). *International Journal of Bio-resource and Stress Management, 6*(1), 108-112.
- Soria, C., & Maroto, J. (2014). Bróculis, coliflores y coles. *Cultiv. hortícolas al aire Libr. Serie Agri, 371-434*.
- SQM. (2016). SQM The worlwide busness fórmula. (C.2.sqm, Editor)
- Szymańska, S., Dąbrowska, G. B., Tyburski, J., Niedojadło, K., Piernik, A., & Hrynkiewicz, K. (2019). Boosting the Brassica napus L. tolerance to salinity by the halotolerant strain Pseudomonas stutzeri ISE12. *Environmental and experimental botany, 163*, 55-68.
- Stoppani, M. I., Martí, H. R., Francescangeli, N., & Wolf, R. (2003). A Nondestructive and Rapid Method for Estimating Leaf Area Broccoli.
- Tanwar, A., AggArwAl, A., Kaushish, S., & Chauhan, S. (2013). Interactive effect of AM fungi with Trichoderma viride and Pseudomonas fluorescens on growth and yield of broccoli. *Plant Protection Science, 49*(3), 137-145.
- Toledo, J. (2003). Cultivo del brócoli. In *Manual RI 2003; n. 01*. INIA. Estación Experimental Agraria Donoso-Huaral.
- Turan, M., Ekinici, M., Yildirim, E., Güneş, A., Karagöz, K., Kotan, R., & Dursun, A. (2014). Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content

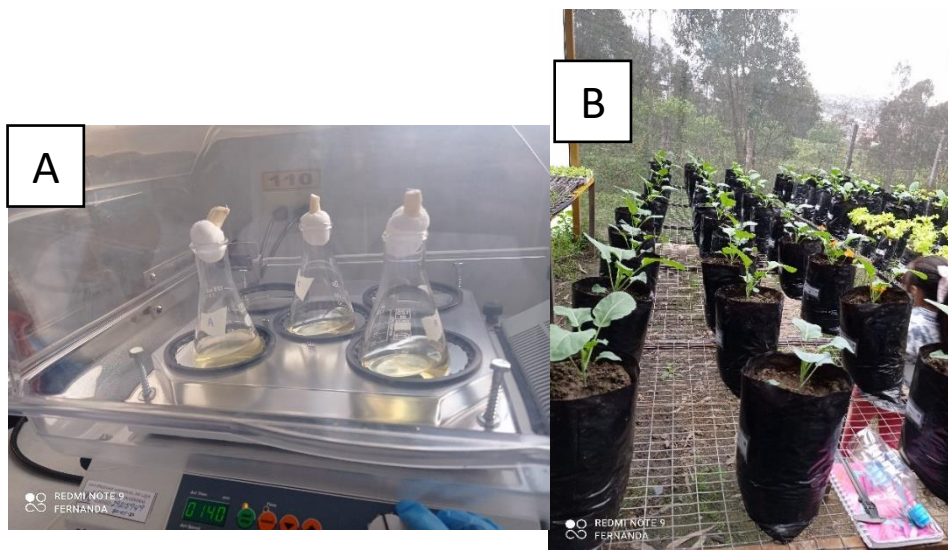
- of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3), 327-333.
- Ubidia, M. (2014). Evaluación de la eficacia de fertilizantes de liberación controlada (CRF) en el cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica). *Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ing. Agr. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato*.
- Vargas, P. D., Cerrato, R. F., Suárez, J. A., & González, G. A. (2001). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 327-335.
- Venkatesh, M. S., Hazra, K. K., Ghosh, P. K., Khuswah, B. L., Ganeshamurthy, A. N., Ali, M., ... & Mathur, R. S. (2017). Long-term effect of crop rotation and nutrient management on soil-plant nutrient cycling and nutrient budgeting in Indo-Gangetic plains of India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(14), 2007-2022.
- Villa, P., Frias, A. y González, G. (2005). Evaluación de cepas de *Pseudomonas* sp para el control de hongos fitopatógenos que afectan cultivos de interés económico. *ICIDCA*, 34(3), 40-44.
- Wicaksono, W. A., Jones, E. E., Casonato, S., Monk, J., & Ridgway, H. J. (2018). Biological control of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa), the causal agent of bacterial canker of kiwifruit, using endophytic bacteria recovered from a medicinal plant. *Biological control*, 116, 103-112.
- Xu, Y., Xiao, Y., Lagnika, C., Song, J., Li, D., Liu, C., Jiang, N., Zhang, M., Duan, X., 2020. A comparative study of drying methods on physical characteristics, nutritional properties and antioxidant capacity of broccoli. *Drying Technology* 38, 1378-1388.
- Yan, J., Ren, T., Wang, K., Li, H., Li, X., Cong, R., & Lu, J. (2022). Improved crop yield and phosphorus uptake through the optimization of phosphorus fertilizer rates in an oilseed rape-rice cropping system. *Field Crops Research*, 286, 108614.
- Yadav, L. P., Kavita, A., & Maurya, I. B. (2012). Effect of nitrogen and biofertilizers on growth of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata L.) var. Pride of India. *Progressive Horticulture*, 44(2), 318-320.
- Zambrano, E. (2016). *El cultivo del brócoli*. Universidad de Sonora.
- Zamora, E. (2016). El cultivo de Brócoli. *Serie guías-producción de hortalizas. Universidad de Sonora. Recuperado de <http://dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLIDAG-HORT-010.pdf>*.

11. Anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas



A) Elaboración del sustrato para la siembra. **B)** Desinfección del sustrato con calor.



Anexo 2 A) Propagación de las cepas en la cámara horizontal. **B)** disposición del ensayo sobre camas bajo invernadero.



Anexo 3 A) Aplicación del fertilizante químico 15-15-15. **B)** inoculación de las suspensiones bacterianas.



Anexo 4. A) Medición de la altura en las plantas de brócoli. **B)** Número de hojas de las plantas de brócoli.



Anexo 5. A) Diámetro del tallo en plantas de brócoli. B) Área foliar en plantas de brócoli.



Anexo 6. Medición del contenido de clorofila con el dispositivo portátil SPAD-502



Anexo 7. A) Peso de la pella. **B)** Peso de la planta de brócoli

Anexo 8. Resultados de la Prueba de ANAVA para la variable altura de la planta desde los 7 a los 91 días después de la aplicación de tratamientos (p valor significativo < 0,05)

Cuadro de Análisis de la Varianza Paramétrica							
F.V.	Día 7	Día 21	Día 35	Día 49	Día 63	Día 77	Día 91
	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor
Modelo	0,1015	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Tratamiento	0,1015	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Normalidad	P (Unilateral)	P (Unilateral)	P (Unilateral)	P (Unilateral)	P (Unilateral)	P (Unilateral)	P (Unilateral)
Shapiro-Wilks	ns	0,393	0,3319	0,0743	0,229	0,229	0,229
Homogeneidad de Varianza	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor
Prueba de Levene	ns	0,7028	0,0986	0,0542	0,1903	0,1903	0,1903

Anexo 9. Resultados de la Prueba de Kruskal Wallis para la variable número de hojas (p valor significativo < 0,05)

Cuadro de Análisis de la Varianza no paramétrica							
	Día 7	Día 21	Día 35	Día 49	Día 63	Día 77	Día 91
H	10,35	29,51	34,23	38,16	38,44	36,81	36,58
P	0,0073	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Anexo 10. Resultados de la Prueba de ANAVA paramétrica y no paramétrica (Kruskal Wallis) para la variable diámetro de tallo (p valor significativo < 0,05)

Cuadro de Análisis de la Varianza (Paramétrica y no paramétrica)								
F.V.		Día 14	Día 28	Día 42	Día 56	Día 70	Día 84	Día 98
	H	25,29	27,81	35,57	31,27			
Tratamiento	P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Normalidad						p (Unilateral)	p (Unilateral)	p (Unilateral)
Shapiro-Wilks						0,1354	0,1354	0,1354
Homogeneidad de Varianza						P-valor	P-valor	P-valor
Prueba de Levene						0,15	0,15	0,15

Anexo 11. Resultados de la Prueba de ANAVA para la variable diámetro de pella (p-valor significativo < 0,05)

Cuadro de Análisis de la Varianza Paramétrica				
F.V.	Día 75	Día 82	Día 89	Día 96
	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor
Modelo	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Tratamiento	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Normalidad	p (Unilateral)	p (Unilateral)	p (Unilateral)	p (Unilateral)
Shapiro-Wilks	0,2938	0,4126	0,7169	0,376
Homogeneidad de Varianza	P-valor	P-valor	P-valor	P-valor
Prueba de Levene	0,6437	0,247	0,067	0,6684

Anexo 12. Resultados de la Prueba de ANAVA para la variable peso de la pella (p valor significativo < 0,05)

Cuadro de Análisis de la Varianza Paramétrica					
FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	621238,9	4	155309,72	1800,17	<0,0001
Tratamiento1	621238,9	4	155309,72	1800,17	<0,0001
Error	3882,37	45	86,27		
Total	625121,27	49			
Normalidad	p (Unilateral D)				
Shapiro-Wilks	0,7542				
Homogeneidad de Varianza	p-valor				
Prueba de Levene	0,087				

Anexo 13. Resultados de la Prueba de ANAVA para la variable peso de la planta (p valor significativo < 0,05)

Cuadro de Análisis de la Varianza Paramétrica		
F.V.	Peso en fresco	Peso seco
	P-valor	P-valor
Modelo	<0,0001	<0,0001
Tratamiento	<0,0001	<0,0001
Normalidad	p (Unilateral)	p (Unilateral)
Shapiro-Wilks	0,6321	0,439
Homogeneidad de Varianza	P-valor	P-valor
Prueba de Levene	0,4037	0,238

Anexo 14. Resultados de la Prueba de ANAVA para la variable de área foliar (p valor significativo < 0,05)

Cuadro de Análisis de la Varianza Paramétrica					
FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	730306,37	4	182576,59	43,2	<0,0001
Tratamiento	730306,37	4	182576,59	43,2	<0,0001
Error	84519,6	20	4225,98		
Total	814825,97	24			
Normalidad	p (Unilateral D)				
Shapiro-Wilks	0,3875				
Homogeneidad de Varianza	p-valor				
Prueba de Levene	0,1516				

Anexo 15. Resultados de la Prueba de ANAVA paramétrica y no paramétrica (Kruskal Wallis) para la variable contenido de clorofila (p valor significativo < 0,05)

Cuadro de Análisis de la Varianza (Paramétrica y no paramétrica)								
F.V.		Día 14	Día 28	Día 42	Día 56	Día 70	Día 84	Día 98
	H	30,76	38,14	34,79				
Tratamiento	P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Normalidad					P (Unilateral)	P (Unilateral)	P (Unilateral)	P (Unilateral)
Shapiro-Wilks					0,1216	0,8849	0,7723	0,8857
Homogeneidad de Varianza					P-valor	P-valor	P-valor	P-valor
Prueba de Levene					0,2105	0,3219	0,4771	0,0893

Anexo 16. Certificación de traducción del abstract

CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo **Siria Elicia Torres Rivera**, portadora de la cedula de identidad N° 1102609433 Licenciada en ciencias de la educación especialidad idioma inglés. Certifico la traducción al idioma inglés del resumen de la tesis denominada: **"Efecto de la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal y su influencia en el rendimiento de brócoli bajo invernadero"**, perteneciente a la señorita **Gladys Fernanda Córdova Oviedo**, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

A la parte interesada muy atentamente.



Siria Elicia Torres Rivera

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés

Registro Nro 1008-07-798209CONESUP.